

302268

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV AZ 1955. ÉVRE

Tartalomjegyzékből:

E. Schatzman: Kritikai megjegyzések Európában és Amerikában elterjedt kozmogóniai elméletekről. —
Dezső Loránt: A napfogyatkozások geometriája — Izsák Imre: Hogyan mérték meg a Hold és a Nap távolságát. —
Voroncov - Veljaminev: Asztrofizika.

»MŰVELT NÉP«
TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ KIADÓ

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV AZ 1955. ÉVRE

SZERKESZTETTE:

A TÁRSADALOM ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT CSILLAGÁSZATI
SZAKOSZTÁLYA

»MŰVELT NÉP«
TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ KIADÓ
BUDAPEST, 1955



A kiadásért felel a Művelt Nép Könyvkiadó igazgatója

Felelős szerkesztő: Neu Piroska

Műszaki felelős: Löblin Imre

Kézirat beérkezett: 1954. XII. 2.

Imprimálva: 1955. II. 15.

Terjedelem: 14 (A 5) ív

Példányszám: 1500

Ez a könyv a MNOSZ 5601-54 és 5602-50Á szabvány szerint készült

Budapesti Szikra Nyomda, V., Honvéd-u. 10. — 4667 — Felelős vezető: Lengyel Lajos igazgató

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1955. ÉVRE

A közép-európai zónaidőben megadott értékekhez a nyári
időszámítás tartama alatt 1 órát kell hozzáadni, hogy a
Magyarországon használt időadatokat nyerjük.

Összeállította: Mersits József tudományos munkaező
a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézeténél

I. J A N U Á R

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	1	1	7 32	11 47	16 03	10 42	— —	☾ 21 29
2	V		2	7 32	11 48	16 05	11 07	0 20	
3	H	2	3	7 32	11 48	16 06	11 35	1 38	
4	K		4	7 32	11 49	16 06	12 10	2 57	
5	Sz		5	7 32	11 49	16 07	12 55	4 15	
6	Cs		6	7 32	11 50	16 08	13 53	5 28	
7	P		7	7 32	11 50	16 09	15 02	6 30	
8	Sz		8	7 31	11 51	16 10	16 19	7 19	☾ 13 34
9	V		9	7 31	11 51	16 12	17 38	7 57	
10	H	3	10	7 30	11 51	16 13	18 55	8 27	
11	K		11	7 30	11 52	16 14	20 09	8 52	
12	Sz		12	7 29	11 52	16 16	21 20	9 13	
13	Cs		13	7 29	11 52	16 17	22 28	9 34	
14	P		14	7 29	11 53	16 19	23 35	9 53	
15	Sz		15	7 28	11 53	16 20	— —	10 24	☾ 23 13
16	V		16	7 28	11 53	16 21	0 40	10 37	
17	H	4	17	7 27	11 54	16 22	1 45	11 03	
18	K		18	7 26	11 54	16 24	2 48	11 35	
19	Sz		19	7 25	11 55	16 25	3 49	12 14	
20	Cs		20	7 24	11 55	16 27	4 44	13 01	
21	P		21	7 23	11 55	16 28	5 33	13 56	
22	Sz		22	7 22	11 56	16 30	6 15	14 59	
23	V		23	7 22	11 56	16 31	6 49	16 07	☾ 2 06
24	H	5	24	7 21	11 56	16 32	7 19	17 17	
25	K		25	7 20	11 56	16 34	7 44	18 29	
26	Sz		26	7 19	11 56	16 35	8 06	19 42	
27	Cs		27	7 17	11 57	16 37	8 27	20 55	
28	P		28	7 16	11 57	16 39	8 49	22 10	
29	Sz		29	7 15	11 57	16 40	9 12	23 26	
30	V		30	7 14	11 57	16 42	9 39	— —	
31	H	6	31	7 13	11 57	16 43	10 11	0 44	☾ 6 05

Nap: 4-én 13^b-kor földközelen.

Hold: 6-án 10^b-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'28", 8
18-án 4^b-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'46", 9

H Ó N A P

0^h vil á g i d ő k o r

Julián dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szczeniója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
108,5	6 39 29,297	18 43	— 23 05	16 18	23 48	+ 4 23
109,5	6 43 25,855	18 47	23 00	16 18	0 38	9 51
110,5	6 47 22,413	18 51	22 55	16 18	1 32	14 56
111,5	6 51 18,971	18 56	22 49	16 18	2 29	19 16
112,5	6 55 15,530	19 00	22 43	16 18	3 30	22 29
113,5	6 59 12,088	19 05	22 37	16 18	4 34	24 14
114,5	7 03 08,646	19 09	22 30	16 18	5 38	24 19
115,5	7 07 05,204	19 13	22 22	16 18	6 42	22 42
116,5	7 11 01,762	19 18	22 15	16 18	7 43	19 36
117,5	7 14 58,319	19 22	22 06	16 18	4 40	15 23
118,5	7 18 54,877	19 26	21 57	16 18	9 33	10 27
119,5	7 22 51,435	19 31	21 48	16 18	10 23	+ 5 09
120,5	7 26 47,993	19 35	21 39	16 18	11 11	— 0 12
121,5	7 30 44,550	19 39	21 29	16 18	11 57	5 24
122,5	7 34 41,108	19 44	21 18	16 18	12 43	10 14
123,5	7 38 37,665	19 48	21 07	16 17	13 29	14 36
124,5	7 42 34,223	19 52	20 56	16 17	14 16	18 19
125,5	7 46 30,780	19 57	20 44	16 17	15 04	21 17
126,5	7 50 27,337	20 01	20 32	16 17	15 55	23 21
127,5	7 54 23,894	20 05	20 20	16 17	16 47	24 23
128,5	7 58 20,451	20 09	20 07	16 17	17 40	24 17
129,5	8 02 17,008	20 14	19 54	16 17	18 33	23 02
130,5	8 06 13,565	20 18	19 40	16 17	19 26	20 39
131,5	8 10 10,122	20 22	19 26	16 17	20 18	17 14
132,5	8 14 06,678	20 26	19 12	16 17	21 08	12 56
133,5	8 18 03,235	20 30	18 58	16 17	21 58	7 58
134,5	8 21 59,791	20 35	18 43	16 16	22 47	— 2 33
135,5	8 25 56,348	20 39	18 27	16 16	23 36	+ 3 03
136,5	8 29 52,904	20 43	18 12	16 16	0 27	8 34
137,5	8 33 49,460	20 47	17 56	16 16	1 20	13 43
138,5	8 37 46,016	20 51	— 17 39	16 16	2 15	+ 18 11

*A *Berliner Astronomisches Jahrbuch* nyomán az a valódi csillagidő, amely a nutációnak a hosszúperiódusú tagját magában foglalja (de a rövidperiódusút nem).

I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	'delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(6)	32	7 12	11 57	16 44	10 51	2 01	
2	Sz		33	7 10	11 58	16 46	11 41	3 13	
3	Cs		34	7 09	11 58	16 48	12 43	4 17	
4	P		35	7 07	11 58	16 50	13 55	5 10	
5	Sz		36	7 06	11 58	16 51	15 12	5 52	
6	V	7	37	7 05	11 58	16 53	16 29	6 25	
7	H		38	7 04	11 58	16 54	17 45	6 52	☉ 2 43
8	K		39	7 02	11 58	16 55	18 57	7 15	
9	Sz		40	7 00	11 58	16 57	20 08	7 36	
10	Cs		41	6 59	11 58	16 59	21 16	7 57	
11	P	8	42	6 57	11 58	17 01	22 23	8 17	
12	Sz		43	6 56	11 58	17 02	23 29	8 40	
13	V		44	6 55	11 58	17 04	— —	9 05	
14	H		45	6 53	11 58	17 05	0 24	9 34	☾ 20 40
15	K		46	6 51	11 58	17 07	1 36	10 10	
16	Sz		47	6 49	11 58	17 08	2 33	10 53	
17	Cs		48	6 47	11 58	17 10	3 25	11 44	
18	P		49	6 45	11 58	17 12	4 10	12 44	
19	Sz		50	6 44	11 58	17 13	4 47	13 49	
20	V		51	6 43	11 58	17 14	5 18	14 59	
21	H	9	52	6 41	11 58	17 16	5 44	16 11	
22	K		53	6 39	11 58	17 17	6 09	17 25	☉ 16 54
23	Sz		54	6 37	11 58	17 19	6 32	18 39	
24	Cs		55	6 35	11 57	17 21	6 54	19 56	
25	P		56	6 34	11 57	17 23	7 17	21 13	
26	Sz	10	57	6 32	11 57	17 23	7 44	22 32	
27	V		58	6 30	11 57	17 24	8 16	23 50	
28	H		59	6 28	11 57	17 26	8 52	— —	

Hold: 2-án 20^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'10", 4
16-án 1^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'48", 2
27-én 14^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'11", 8

H Ó N A P

0^h v i l á g i d ő k o r

Julián dátum 2435...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A N A P			A H O L D	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...139,5	8 41 42,572	20 55	— 17 23	16 16	3 13	+ 21 39
140,5	8 45 39,128	20 59	17 06	16 16	4 14	23 48
141,5	8 49 35,684	21 03	16 48	16 16	5 17	24 25
142,5	8 53 32,240	21 07	16 31	16 15	6 19	23 26
143,5	8 57 28,795	21 11	16 13	16 15	7 20	20 57
144,5	9 01 25,351	21 16	15 55	16 15	8 17	17 14
145,5	9 05 21,906	21 20	15 37	16 15	9 12	12 37
146,5	9 09 18,462	21 24	15 18	16 15	10 03	7 27
147,5	9 13 15,017	21 28	14 59	16 15	10 52	+ 2 04
148,5	9 17 11,572	21 31	14 40	16 14	11 39	— 3 17
149,5	9 21 08,127	21 35	14 21	16 14	12 26	8 21
150,5	9 25 04,682	21 39	14 01	16 14	13 12	12 57
151,5	9 29 01,237	21 43	13 41	16 14	13 59	16 58
152,5	9 32 57,791	21 47	13 21	16 14	14 48	20 13
153,5	9 36 54,346	21 51	13 01	16 13	15 38	22 36
154,5	9 40 50,900	21 55	12 40	16 13	16 29	24 00
155,5	9 44 47,455	21 59	12 20	16 13	17 21	24 19
156,5	9 48 44,009	22 03	11 59	16 13	18 14	23 30
157,5	9 52 40,563	22 07	11 38	16 13	19 07	21 32
158,5	9 56 37,117	22 11	11 17	16 12	19 59	18 31
159,5	10 00 33,672	22 14	10 55	16 12	20 50	14 31
160,5	10 04 30,226	22 18	10 33	16 12	21 41	9 44
161,5	10 08 26,779	22 22	10 11	16 12	22 31	— 4 23
162,5	10 12 23,333	22 26	9 49	16 12	23 22	+ 1 17
163,5	10 16 19,887	22 30	9 27	16 11	0 13	6 57
164,5	10 20 16,441	22 33	9 05	16 11	1 07	12 19
165,5	10 24 12,994	22 37	8 43	16 11	2 02	17 02
166,5	10 28 09,548	22 41	— 8 20	16 11	3 00	+ 20 46

I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltózási
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(6)	32	7 12	11 57	16 44	10 51	2 01	
2	Sz		33	7 10	11 58	16 46	11 41	3 13	
3	Cs		34	7 09	11 58	16 48	12 43	4 17	
4	P		35	7 07	11 58	16 50	13 55	5 10	
5	Sz		36	7 06	11 58	16 51	15 12	5 52	
6	V	7	37	7 05	11 58	16 53	16 29	6 25	
7	H		38	7 04	11 58	16 54	17 45	6 52	☉ 2 43
8	K		39	7 02	11 58	16 55	18 57	7 15	
9	Sz		40	7 00	11 58	16 57	20 08	7 36	
10	Cs		41	6 59	11 58	16 59	21 16	7 57	
11	P	8	42	6 57	11 58	17 01	22 23	8 17	
12	Sz		43	6 56	11 58	17 02	23 29	8 40	
13	V		44	6 55	11 58	17 04	— —	9 05	
14	H		45	6 53	11 58	17 05	0 24	9 34	☾ 20 40
15	K		46	6 51	11 58	17 07	1 36	10 10	
16	Sz		47	6 49	11 58	17 08	2 33	10 53	
17	Cs		48	6 47	11 58	17 10	3 25	11 44	
18	P		49	6 45	11 58	17 12	4 10	12 44	
19	Sz		50	6 44	11 58	17 13	4 47	13 49	
20	V		51	6 43	11 58	17 14	5 18	14 59	
21	H	9	52	6 41	11 58	17 16	5 44	16 11	
22	K		53	6 39	11 58	17 17	6 09	17 25	☉ 16 54
23	Sz		54	6 37	11 58	17 19	6 32	18 39	
24	Cs		55	6 35	11 57	17 21	6 54	19 56	
25	P		56	6 34	11 57	17 23	7 17	21 13	
26	Sz		57	6 32	11 57	17 23	7 44	22 32	
27	V		58	6 30	11 57	17 24	8 16	23 50	
28	H		59	6 28	11 57	17 26	8 52	— —	

Hold: 2-án 20^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'10", 4
16-án 1^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'48", 2
27-én 14^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'11", 8

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m	h m	° '	' "	h m	° '
...139,5	8 41 42,572	20 55	— 17 23	16 16	3 13	+ 21 39
140,5	8 45 39,128	20 59	17 06	16 16	4 14	23 48
141,5	8 49 35,684	21 03	16 48	16 16	5 17	24 25
142,5	8 53 32,240	21 07	16 31	16 15	6 19	23 26
143,5	8 57 28,795	21 11	16 13	16 15	7 20	20 57
144,5	9 01 25,351	21 16	15 55	16 15	8 17	17 14
145,5	9 05 21,906	21 20	15 37	16 15	9 12	12 37
146,5	9 09 18,462	21 24	15 18	16 15	10 03	7 27
147,5	9 13 15,017	21 28	14 59	16 15	10 52	+ 2 04
148,5	9 17 11,572	21 31	14 40	16 14	11 39	— 3 17
149,5	9 21 08,127	21 35	14 21	16 14	12 26	8 21
150,5	9 25 04,682	21 39	14 01	16 14	13 12	12 57
151,5	9 29 01,237	21 43	13 41	16 14	13 59	16 58
152,5	9 32 57,791	21 47	13 21	15 14	14 48	20 13
153,5	9 36 54,346	21 51	13 01	16 13	15 38	22 36
154,5	9 40 50,900	21 55	12 40	16 13	16 29	24 00
155,5	9 44 47,455	21 59	12 20	16 13	17 21	24 19
156,5	9 48 44,009	22 03	11 59	16 13	18 14	23 30
157,5	9 52 40,563	22 07	11 38	16 13	19 07	21 32
158,5	9 56 37,117	22 11	11 17	16 12	19 59	18 31
159,5	10 00 33,672	22 14	10 55	16 12	20 50	14 31
160,5	10 04 30,226	22 18	10 33	16 12	21 41	9 44
161,5	10 08 26,779	22 22	10 11	16 12	22 31	— 4 23
162,5	10 12 23,333	22 26	9 49	16 12	23 22	+ 1 17
163,5	10 16 19,887	22 30	9 27	16 11	0 13	6 57
164,5	10 20 16,441	22 33	9 05	16 11	1 07	12 19
165,5	10 24 12,994	22 37	8 43	16 11	2 02	17 02
166,5	10 28 09,548	22 41	— 8 20	16 11	3 00	+ 20 46

I. MÁRCIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben						A HOLD fényváltozásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	K	(10)	60	6 26	11 57	17 28	9 39	1 04	☾ 13 40	
2	Sz		61	6 24	11 56	17 30	10 37	2 10		
3	Cs		62	6 22	11 56	17 31	11 44	3 05		
4	P		63	6 21	11 56	17 32	12 56	3 50		
5	Sz		64	6 18	11 56	17 34	14 11	4 24		
6	V	11	65	6 16	11 56	17 35	15 26	4 54	☼ 16 41	
7	H		66	6 14	11 55	17 37	16 38	5 18		
8	K		67	6 12	11 55	17 39	17 49	5 40		
9	Sz		68	6 11	11 55	17 40	18 58	6 00		
10	Cs		69	6 09	11 55	17 42	20 06	6 21		
11	P	12	70	6 07	11 54	17 43	21 13	6 43	☾ 17 36	
12	Sz		71	6 05	11 54	17 44	22 18	7 07		
13	V		72	6 03	11 54	17 46	23 22	7 35		
14	H		73	6 00	11 53	17 47	— —	8 08		
15	K		74	5 58	11 53	17 49	0 21	8 48		
16	Sz		75	5 57	11 53	17 51	1 15	9 36	☼ 4 42	
17	Cs		76	5 55	11 53	17 52	2 02	10 31		
18	P		77	5 53	11 52	17 53	2 42	11 33		
19	Sz		78	5 50	11 52	17 54	3 16	12 40		
20	V		79	5 48	11 52	17 56	3 45	13 50		
21	H	13	80	5 46	11 51	17 58	4 10	15 02	☼ 21 10	
22	K		81	5 44	11 51	17 59	4 33	16 16		
23	Sz		82	5 43	11 51	18 01	4 56	17 33		
24	Cs		83	5 41	11 50	18 02	5 19	18 51		
25	P		84	5 38	11 50	18 03	5 45	20 12		
26	Sz	14	85	5 36	11 50	18 05	6 15	21 32		
27	V		86	5 34	11 50	18 06	6 51	22 51		
28	H		87	5 32	11 49	18 08	7 37	— —		
29	K		88	5 31	11 49	18 09	8 32	0 01		
30	Sz		89	5 28	11 49	18 10	9 37	1 01		
31	Cs		90	5 26	11 48	18 11	10 48	1 49		

Tavaszi kezdete: 21-én 10h36^m-kor.

Hold: 14-en 22h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'48", 8

26-án 17h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'25", 0

H Ó N A P

0 ^h v i l á g i d ő k o r						
Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A N A P			A H O L D	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...167,5	10 32 06,101	22 45	— 7 58	16 10	4 00	+ 23 14
168,5	10 36 02,655	22 49	7 35	16 10	5 02	24 13
169,5	10 39 59,208	22 52	7 12	16 10	6 03	23 39
170,5	10 43 55,761	22 56	6 49	16 10	7 03	21 38
171,5	10 47 52,315	23 00	6 26	16 09	8 00	18 22
172,5	10 51 48,868	23 03	6 03	16 09	8 54	14 08
173,5	10 55 45,421	23 07	5 40	16 09	9 46	9 16
174,5	10 59 41,974	23 11	5 16	16 09	10 35	+ 4 02
175,5	11 03 38,527	23 15	4 53	16 08	11 22	— 1 17
176,5	11 07 35,080	23 18	4 30	16 08	12 09	6 26
177,5	11 11 31,633	23 22	4 06	16 08	12 56	11 13
178,5	11 15 28,186	23 26	3 43	16 08	13 43	15 27
179,5	11 19 24,739	23 29	3 19	16 07	14 31	18 59
180,5	11 23 21,291	23 33	2 55	16 07	15 21	21 40
181,5	11 27 17,844	23 37	2 32	16 07	16 12	23 23
182,5	11 31 14,397	23 40	2 08	16 07	17 03	24 04
183,5	11 35 10,950	23 44	1 44	16 06	17 56	23 40
184,5	11 39 07,503	23 48	1 21	16 06	18 48	22 09
185,5	11 43 04,055	23 51	0 57	16 06	19 39	19 35
186,5	11 47 00,608	23 55	0 33	16 06	20 30	16 01
187,5	11 50 57,161	23 59	— 0 09	16 05	21 21	11 36
188,5	11 54 53,713	0 02	+ 0 14	16 05	22 11	6 31
189,5	11 58 50,266	0 06	0 38	16 05	23 02	— 0 57
190,5	12 02 46,819	0 09	1 02	16 04	23 54	+ 4 48
191,5	12 06 43,372	0 13	1 25	16 04	0 48	10 23
192,5	12 10 39,924	0 17	1 49	16 04	1 44	15 27
193,5	12 14 36,477	0 20	2 12	16 04	2 43	19 36
194,5	12 18 33,030	0 24	2 36	16 03	3 45	22 29
195,5	12 22 29,583	0 28	2 59	16 03	4 47	23 52
196,5	12 26 26,135	0 31	3 23	16 03	5 50	23 39
197,5	12 30 22,689	0 35	+ 3 46	16 03	6 50	+ 21 57

I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben						A HOLD fényváltozásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(14)	91	5 24	11 48	18 13	12 07	2 16	☾ 7 35	
2	Sz		92	5 22	11 48	18 14	13 15	2 57		
3	V		93	5 20	11 48	18 16	14 26	3 22		
4	H		94	5 19	11 47	18 17	15 37	3 44		
5	K		95	5 17	11 47	18 18	16 45	4 05		
6	Sz	15	96	5 14	11 47	18 20	17 52	4 26	☾ 12 00	
7	Cs		97	5 12	11 46	18 21	18 59	4 46		
8	P		98	5 10	11 46	18 23	20 05	5 10		
9	Sz		99	5 08	11 46	18 24	21 09	5 37		
10	V		100	5 07	11 46	18 26	22 10	6 08		
11	H	16	101	5 05	11 45	18 27	23 06	6 46	☾ 14 06	
12	K		102	5 03	11 45	18 28	23 55	7 30		
13	Sz		103	5 01	11 45	18 30	— —	8 22		
14	Cs		104	4 59	11 44	18 31	0 37	9 21		
15	P		105	4 56	11 44	18 33	1 13	10 24		
16	Sz	17	106	4 54	11 44	18 34	1 43	11 31	☾ 5 23	
17	V _A		107	4 53	11 44	18 36	2 09	12 41		
18	H		108	4 51	11 44	18 37	2 33	13 52		
19	K		109	4 49	11 43	18 38	2 56	15 06		
20	Sz		110	4 47	11 43	18 39	3 19	16 23		
21	Cs	18	111	4 45	11 43	18 41	3 43	17 43	☾ 12 00	
22	P		112	4 43	11 43	18 43	4 12	19 05		
23	Sz		113	4 42	11 42	18 44	4 46	20 27		
24	V		114	4 40	11 42	18 45	5 28	21 44		
25	H		115	4 39	11 42	18 46	6 22	22 50		
26	K		116	4 37	11 42	18 48	7 26	23 44	☾ 5 23	
27	Sz		117	4 35	11 42	18 49	8 37	— —		
28	Cs		118	4 33	11 42	18 51	9 52	0 26		
29	P		119	4 32	11 41	18 52	11 06	0 59		
30	Sz		120	4 30	11 41	18 53	12 19	1 26		

Hold: 11-én 15h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'46", 4
 23-án 20h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'36", 8

H Ó N A P

0 ^h viláigidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...198,5	12 34 19,241	0 39	+ 4 09	16 02	7 47	+ 18 58
199,5	12 38 15,794	0 42	4 33	16 02	8 41	15 01
200,5	12 42 12,347	0 46	4 56	16 02	9 33	10 24
201,5	12 46 08,900	0 50	5 19	16 01	10 21	5 22
202,5	12 50 05,453	0 53	5 42	16 01	11 08	+ 0 12
203,5	12 54 02,006	0 57	6 04	16 01	11 55	— 4 54
204,5	12 57 58,559	1 00	6 27	16 01	12 41	9 44
205,5	13 01 55,112	1 04	6 50	16 00	13 28	14 05
206,5	13 05 51,666	1 08	7 12	16 00	14 16	17 49
207,5	13 09 48,219	1 11	7 35	16 00	15 06	20 45
208,5	13 13 44,772	1 15	7 57	16 00	15 56	22 45
209,5	13 17 41,326	1 19	8 19	15 59	16 47	23 44
210,5	13 21 37,879	1 22	8 41	15 59	17 39	23 39
211,5	13 25 34,432	1 26	9 03	15 59	18 31	22 30
212,5	13 29 30,986	1 30	9 24	15 58	19 22	20 18
213,5	13 33 27,540	1 34	9 46	15 58	20 12	17 09
214,5	13 37 24,093	1 37	10 07	15 58	21 01	13 09
215,5	13 41 20,647	1 41	10 29	15 58	21 51	8 26
216,5	13 45 17,201	1 45	10 50	15 57	22 40	— 3 10
217,5	13 49 13,755	1 48	11 10	15 57	23 31	+ 2 25
218,5	13 53 10,309	1 52	11 31	15 57	0 24	8 04
219,5	13 57 06,863	1 56	11 52	15 57	1 20	13 23
220,5	14 01 03,417	2 00	12 12	15 56	2 19	17 59
221,5	14 04 59,971	2 03	12 32	15 56	3 21	21 26
222,5	14 08 56,525	2 07	12 52	15 56	4 26	23 23
223,5	14 12 53,080	2 11	13 11	15 56	5 30	23 40
224,5	14 16 49,634	2 15	13 31	15 55	6 33	22 19
225,5	14 20 46,189	2 18	13 50	15 55	7 33	19 35
226,5	14 24 42,743	2 22	14 09	15 55	8 29	15 48
227,5	14 28 39,298	2 26	+ 14 28	15 55	9 21	+ 11 17

I. MÁJUS

Datum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	(18) 19	121	4 29	11 41	18 55	13 28	1 49	
2	H		122	4 27	11 41	18 56	14 37	2 10	
3	K		123	4 25	11 41	18 58	15 44	2 31	
4	Sz		124	4 23	11 41	18 59	16 50	2 52	
5	Cs		125	4 22	11 41	19 01	17 55	3 14	
6	P	20	126	4 20	11 41	19 02	18 59	3 39	☾ 23 14
7	Sz		127	4 18	11 40	19 03	20 01	4 10	
8	V		128	4 17	11 40	19 04	20 59	4 45	
9	H		129	4 16	11 40	19 06	21 50	5 27	
10	K		130	4 14	11 40	19 07	22 35	6 17	
11	Sz	21	131	4 13	11 40	19 09	23 12	7 13	
12	Cs		132	4 12	11 40	19 10	23 43	8 14	
13	P		133	4 11	11 40	19 12	— —	9 19	
14	Sz		134	4 09	11 40	19 14	0 11	10 26	
15	V		135	4 08	11 40	19 14	0 35	11 35	☾ 2 42
16	H	22	136	4 06	11 40	19 15	0 57	12 45	
17	K		137	4 05	11 40	19 16	1 19	13 58	
18	Sz		138	4 04	11 40	19 17	1 42	15 15	
19	Cs		139	4 03	11 40	19 19	2 08	16 35	
20	P		140	4 02	11 40	19 20	2 38	17 56	
21	Sz	23	141	4 01	11 40	19 21	3 17	19 17	☾ 21 58
22	V		142	4 00	11 40	19 22	4 06	20 30	
23	H		143	3 59	11 41	19 23	5 06	21 32	
24	K		144	3 58	11 41	19 24	6 17	22 20	
25	Sz		145	3 56	11 41	19 26	7 33	22 58	
26	Cs	23	146	3 55	11 41	19 27	8 51	23 29	
27	P		147	3 55	11 41	19 28	10 07	23 54	
28	Sz		148	3 54	11 41	19 29	11 18	— —	☾ 15 01
29	V		149	3 54	11 41	19 30	12 29	0 16	
30	H		150	3 53	11 41	19 30	13 36	0 37	
31	K		151	3 52	11 41	19 31	14 42	0 57	

Hold: 10-én 1h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'43", 4
 22-én 5h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'44", 4

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD			
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója		
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "		
228,5	14 32 35,853	2 30	+	14 46	15 54	10 10	+	6 21
229,5	14 36 32,408	2 34		15 05	15 54	10 57	+	1 16
230,5	14 40 28,963	2 37		15 23	15 54	11 43	—	3 48
231,5	14 44 25,518	2 41		15 40	15 54	12 29		8 37
232,5	14 48 22,073	2 45		15 58	15 53	13 16		13 02
233,5	14 52 18,628	2 49		16 15	15 53	14 03		16 52
234,5	14 56 15,183	2 53		16 32	15 53	14 52		19 59
235,5	15 00 11,739	2 57		16 49	15 53	15 42		22 13
236,5	15 04 08,294	3 01		17 05	15 52	16 33		23 27
237,5	15 08 04,850	3 04		17 21	15 52	17 25		23 38
238,5	15 12 01,405	3 08		17 37	15 52	18 16		22 45
239,5	15 15 57,961	3 12		17 53	15 52	19 07		20 51
240,5	15 19 54,517	3 16		18 08	15 52	19 57		17 59
241,5	15 23 51,073	3 20		18 23	15 51	20 46		14 18
242,5	15 27 47,629	3 24		18 38	15 51	21 34		9 55
243,5	15 31 44,185	3 28		18 52	15 51	22 22	—	4 58
244,5	15 35 40,741	3 32		19 06	15 51	23 11	+	0 22
245,5	15 39 37,297	3 36		19 20	15 51	0 02		5 51
246,5	15 43 33,853	3 40		19 33	15 50	0 55		11 13
247,5	15 47 30,410	3 44		19 46	15 50	1 52		16 05
248,5	15 51 26,966	3 48		19 59	15 50	2 53		20 04
249,5	15 55 23,523	3 52		20 11	15 50	3 57		22 42
250,5	15 59 20,079	3 53		20 23	15 50	5 04		23 40
251,5	16 03 16,636	4 00		20 35	15 49	6 09		22 55
252,5	16 07 13,193	4 04		20 46	15 49	7 12		20 33
253,5	16 11 09,749	4 08		20 57	15 49	8 11		16 57
254,5	16 15 06,306	4 12		21 08	15 49	9 06		12 30
255,5	16 19 02,863	4 16		21 18	15 49	9 57		7 33
256,5	16 22 59,420	4 20		21 28	15 49	10 45	+	2 24
257,5	16 26 55,977	4 24		21 37	15 48	11 32	—	2 43
258,5	16 30 52,534	4 28	+	21 46	15 48	12 18	--	7 36

H Ó N A P

0^h világidőkor

0^h v i l á g i d ő k o r

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD		
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója	
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "	
...259,5	16 34 49,091	4 32	+	21 55	15 48	13 04	— 12 06
260,5	16 38 45,649	4 36		22 03	15 48	13 51	16 04
261,5	16 42 42,206	4 41		22 11	15 48	14 40	19 19
262,5	16 46 38,763	4 45		22 19	15 48	15 29	21 45
263,5	16 50 35,321	4 49		22 26	15 48	16 20	23 14
264,5	16 54 31,878	4 53		22 33	15 48	17 12	23 40
265,5	16 58 28,435	4 57		22 39	15 47	18 04	23 02
266,5	17 02 24,993	5 01		22 45	15 47	18 55	21 21
267,5	17 06 21,550	5 05		22 51	15 47	19 45	18 43
268,5	17 10 18,108	5 09		22 56	15 47	20 33	15 14
269,5	17 14 14,666	5 14		23 01	15 47	21 21	11 03
270,5	17 18 11,223	5 18		23 05	15 47	22 08	9 19
271,5	17 22 07,781	5 22		23 09	15 47	22 56	— 1 12
272,5	17 26 04,338	5 26		23 13	15 47	23 45	+
273,5	17 30 00,896	5 30		23 16	15 47	0 35	9 22
274,5	17 33 57,454	5 34		23 19	15 46	1 29	14 18
275,5	17 37 54,011	5 38		23 21	15 46	2 27	18 34
276,5	17 41 50,569	5 42		23 23	15 46	3 29	21 45
277,5	17 45 47,127	5 47		23 25	15 46	4 34	23 27
278,5	17 49 49,685	5 51		23 26	15 46	5 40	23 27
279,5	17 53 40,242	5 55		23 26	15 46	6 45	21 44
280,5	17 57 36,800	5 59		23 27	15 46	7 47	18 33
281,5	18 01 33,358	6 03		23 27	15 46	8 45	14 15
282,5	18 05 29,916	6 08		23 26	15 46	9 39	9 18
283,5	18 09 26,473	6 12		23 25	15 46	10 30	+
284,5	18 13 23,031	6 16		23 24	15 46	11 18	— 1 15
285,5	18 17 19,589	6 20		23 22	15 46	12 05	6 18
286,5	18 21 16,146	6 24		23 20	15 46	12 52	10 59
287,5	18 25 12,704	6 28		23 17	15 46	13 39	15 07
288,5	18 29 09,262	6 33	+	23 14	15 46	14 27	— 18 34

I. JÚLIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(27)	182	3 50	11 47	19 45	16 47	0 46	☾ 6 28
2	Sz		183	3 51	11 48	19 45	17 42	1 23	
3	V		184	3 52	11 48	19 45	18 31	2 08	
4	H		185	3 52	11 48	19 45	19 13	3 00	
5	K		186	3 53	11 48	19 44	19 48	3 59	
6	Sz	28	187	3 53	11 48	19 44	20 19	5 02	☾ 6 28
7	Cs		188	3 54	11 49	19 43	20 44	6 08	
8	P		189	3 55	11 49	19 43	21 07	7 15	
9	Sz		190	3 55	11 49	19 42	21 29	8 23	
10	V		191	3 56	11 49	19 41	21 50	9 33	
11	H	29	192	3 57	11 49	19 41	22 12	10 43	☾ 21 31
12	K		193	3 58	11 49	19 40	22 37	11 55	
13	Sz		194	3 59	11 49	19 39	23 07	13 10	
14	Cs		195	4 01	11 50	19 38	23 43	14 27	
15	P		196	4 02	11 50	19 37	— —	15 43	
16	Sz	30	197	4 03	11 50	19 37	0 30	16 53	☾ 12 34
17	V		198	4 03	11 50	19 36	1 29	17 54	
18	H		199	4 04	11 50	19 35	2 39	18 43	
19	K		200	4 05	11 50	19 34	3 57	19 22	
20	Sz		201	4 06	11 50	19 33	5 17	19 53	
21	Cs	31	202	4 08	11 50	19 32	6 36	20 20	☾ 16 59
22	P		203	4 09	11 50	19 31	7 52	20 43	
23	Sz		204	4 10	11 50	19 30	9 05	21 05	
24	V		205	4 11	11 50	19 29	10 16	21 27	
25	H		206	4 12	11 50	19 28	11 24	21 49	
26	K		207	4 13	11 50	19 27	12 31	22 17	☾ 16 59
27	Sz		208	4 14	11 50	19 26	13 35	22 44	
28	Cs		209	4 15	11 50	19 25	14 37	23 22	
29	P		210	4 17	11 50	19 23	15 35	— —	
30	Sz		211	4 18	11 50	19 21	16 26	0 04	
31	V		212	4 20	11 50	19 21	17 11	0 54	

Nap: 4-én 23^h-kor földtávolban.

Hold: 2-án 10^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'45'',0

17-én 21^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'32'',7

29-én 23^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'47'',8

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julian dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
289,5	18 33 05,820	6 37	+ 23 11	15 46	15 16	- 21 14
290,5	18 37 02,377	6 41	23 07	15 46	16 07	22 57
291,5	18 40 58,935	6 45	23 03	15 46	16 59	23 40
292,5	18 44 55,492	6 49	22 58	15 46	17 50	23 18
293,5	18 48 52,050	6 53	22 53	15 46	18 42	21 53
294,5	18 52 48,607	6 57	22 48	15 46	19 32	19 28
295,5	18 56 45,165	7 01	22 42	15 46	20 22	16 06
296,5	19 00 41,722	7 05	22 36	15 46	21 10	12 07
297,5	19 04 38,280	7 10	22 29	15 46	21 57	7 30
298,6	19 08 34,837	7 14	22 22	15 46	22 45	- 2 29
299,5	19 12 31,394	7 18	22 15	15 46	23 32	+ 2 44
300,5	19 16 27,951	7 22	22 07	15 46	0 21	7 55
301,5	19 20 24,509	7 26	21 59	15 46	1 13	12 51
302,5	19 24 21,066	7 30	21 50	15 46	2 08	17 14
303,5	19 28 17,623	7 34	21 41	15 46	3 06	20 43
304,5	19 32 14,180	7 38	21 32	15 46	4 08	22 57
305,5	19 36 10,737	7 42	21 22	15 46	5 13	23 39
306,5	19 40 07,294	7 46	21 12	15 46	6 17	22 40
307,5	19 44 03,851	7 50	21 02	15 46	7 21	20 07
308,5	19 48 00,407	7 54	20 51	15 46	8 21	16 15
309,5	19 51 56,964	7 58	20 40	15 46	9 17	11 29
310,5	19 55 53,521	8 02	20 29	15 46	10 10	6 13
311,5	19 59 50,077	8 06	20 17	15 46	11 01	+ 0 45
312,5	20 03 46,633	8 10	20 05	15 46	11 49	4 30
313,5	20 07 43,190	8 14	19 52	15 47	12 37	9 25
314,5	20 11 39,746	8 18	19 40	15 47	13 25	13 49
315,5	20 15 36,303	8 22	19 27	15 47	14 13	17 32
316,5	20 19 32,859	8 26	19 13	15 47	15 02	20 28
317,5	20 23 29,415	8 30	19 00	15 47	15 53	22 29
318,5	20 27 25,971	8 34	18 45	15 47	16 44	23 30
319,5	20 31 22,527	8 38	+ 18 31	15 47	17 36	- 23 28

I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	32	213	4 21	11 50	19 20	17 49	1 51	
2	K		214	4 22	11 50	19 18	18 21	2 52	
3	Sz		215	4 23	11 50	19 16	18 49	3 58	☾ 20 30
4	Cs		216	4 24	11 50	19 15	19 13	5 05	
5	P		217	4 25	11 50	19 13	19 35	6 14	
6	Sz		218	4 27	11 50	19 12	19 56	7 23	
7	V		219	4 29	11 50	19 11	20 19	8 34	
8	H	33	220	4 30	11 50	19 09	20 42	9 46	
9	K		221	4 31	11 49	19 07	21 10	10 59	
10	Sz		222	4 32	11 49	19 05	21 45	12 19	
11	Cs		223	4 33	11 49	19 04	22 25	13 29	☾ 3 33
12	P		224	4 35	11 49	19 02	23 17	14 40	
13	Sz		225	4 36	11 49	19 00	— —	15 52	
14	V		226	4 38	11 49	18 58	0 21	16 34	
15	H	34	227	4 39	11 49	18 58	1 33	17 17	
16	K		228	4 40	11 48	18 56	2 52	17 51	
17	Sz		229	4 41	11 48	18 54	4 10	18 20	☾ 20 58
18	Cs		230	4 43	11 48	18 52	5 27	18 45	
19	P		231	4 44	11 48	18 50	6 43	19 08	
20	Sz		232	4 46	11 47	18 48	7 55	19 30	
21	V		233	4 47	11 47	18 47	9 06	19 53	
22	H	35	234	4 48	11 47	18 45	10 15	20 19	
23	K		235	4 49	11 47	18 43	11 21	20 48	
24	Sz		236	4 51	11 46	18 41	12 24	21 21	
25	Cs		237	4 52	11 46	18 39	13 24	22 01	☾ 9 51
26	P		238	4 54	11 46	18 37	14 18	22 47	
27	Sz		239	4 55	11 46	18 36	15 06	23 41	
28	V		240	4 56	11 45	18 34	15 46	— —	
29	H	36	241	4 57	11 45	18 32	16 21	0 40	
30	K		242	4 59	11 45	18 30	16 50	1 44	
31	Sz		243	5 00	11 45	18 28	17 16	2 51	

Hold: 14-én 19^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'20",5
26-án 16^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'49",0

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...320,5	20 35 19,083	8 42	+ 18 16	15 47	18 27	— 22 21
321,5	20 39 15,638	8 46	18 02	15 47	19 18	20 13
322,5	20 43 12,194	8 49	17 46	15 48	20 09	17 09
323,5	20 47 08,750	8 53	17 31	15 48	20 58	13 17
324,5	20 51 05,305	8 57	17 15	15 48	21 46	8 46
325,5	20 55 01,861	9 01	16 59	15 48	22 33	— 3 48
326,5	20 58 58,416	9 05	16 43	15 48	23 21	+ 1 25
327,5	21 02 54,971	9 09	16 26	15 48	0 10	6 38
328,5	21 06 51,526	9 12	16 09	15 48	1 01	11 37
329,5	21 10 48,081	9 16	15 52	15 49	1 55	16 06
330,5	21 14 44,636	9 20	15 34	15 49	2 51	19 46
331,5	21 18 41,191	9 24	15 17	15 49	3 50	22 19
332,5	21 22 37,746	9 28	14 59	15 49	4 52	23 29
333,5	21 26 34,301	9 31	14 41	15 49	5 55	23 06
334,5	21 30 30,856	9 35	14 22	15 49	6 57	21 10
335,5	21 34 27,410	9 39	14 04	15 49	7 57	17 53
336,5	21 38 23,965	9 43	13 45	15 50	8 55	13 31
337,5	21 42 20,519	9 46	13 26	15 50	9 49	8 28
338,5	21 46 17,074	9 50	13 06	15 50	10 40	+ 3 05
339,5	21 50 13,628	9 54	12 47	15 50	11 30	— 2 19
340,5	21 54 10,182	9 58	12 27	15 50	12 19	7 28
341,5	21 58 06,736	10 01	12 07	15 51	13 08	12 08
342,5	22 02 03,290	10 05	11 47	15 51	13 57	16 10
343,5	22 05 59,844	10 09	11 27	15 51	14 46	19 24
344,5	22 09 56,398	10 12	11 07	15 51	15 37	21 44
345,5	22 13 52,952	10 16	10 46	15 51	16 28	23 06
346,5	22 17 49,505	10 20	10 25	15 52	17 19	23 24
347,5	22 21 46,059	10 23	10 04	15 52	18 11	22 40
348,5	22 25 42,613	10 27	9 43	15 52	19 02	20 53
349,5	22 29 39,166	10 31	9 22	15 52	19 52	18 09
350,5	22 33 35,720	10 34	+ 9 00	15 52	20 42	— 14 32

I. S Z E P T E M B E R

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben I					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs	(36)	244	5 02	11 44	18 25	17 39	4 00	☾ 8 59
2	P		245	5 03	11 44	18 24	18 01	5 10	
3	Sz		246	5 04	11 44	18 22	18 24	6 21	
4	V		247	5 05	11 43	18 20	18 48	7 33	
5	H		248	5 07	11 43	18 18	19 15	8 48	
6	K	37	249	5 08	11 43	18 16	19 47	10 03	☾ 8 59
7	Sz		250	5 10	11 42	18 13	20 26	11 18	
8	Cs		251	5 11	11 42	18 11	21 15	12 30	
9	P		252	5 13	11 42	18 10	22 13	13 35	
10	Sz		253	5 14	11 41	18 08	23 21	14 29	
11	V	38	254	5 15	11 41	18 06	— —	15 14	☾ 7 19
12	H		255	5 16	11 41	18 04	0 35	15 50	
13	K		256	5 18	11 40	18 02	1 51	16 21	
14	Sz		257	5 19	11 40	17 59	3 07	16 46	
15	Cs		258	5 21	11 39	17 58	4 22	17 10	
16	P	39	259	5 22	11 39	17 56	5 35	17 33	☾ 4 40
17	Sz		260	5 23	11 39	17 54	6 46	17 56	
18	V		261	5 24	11 38	17 51	7 56	18 20	
19	H		262	5 26	11 38	17 49	9 04	18 48	
20	K		263	5 27	11 38	17 47	10 09	19 20	
21	Sz	40	264	5 29	11 37	17 45	11 11	19 58	☾ 4 40
22	Cs		265	5 30	11 37	17 43	12 07	20 41	
23	P		266	5 31	11 37	17 41	12 58	21 31	
24	Sz		267	5 32	11 36	17 39	13 41	22 28	
25	V		268	5 34	11 36	17 37	14 18	23 29	
26	H	40	269	5 35	11 36	17 35	14 49	— —	☾ 4 40
27	K		270	5 37	11 35	17 32	15 16	0 34	
28	Sz		271	5 38	11 35	17 31	15 40	1 42	
29	Cs		272	5 39	11 35	17 29	16 03	2 51	
30	P		273	5 40	11 34	17 27	16 26	4 01	

Ősz kezdete: 23-án 20^h42^m-kor.

Hold: 10-én 2^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'10",8

23-án 12^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'48",7

H Ó N A P

0^h v i l á g i d ő k o r

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	deklná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	deklná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...351,5	22 37 32,273	10 38	+ 8 39	15 53	21 31	— 10 13
352,5	22 41 28,826	10 41	8 17	15 53	22 19	5 21
353,5	22 45 25,380	10 45	7 55	15 53	23 08	— 0 09
354,5	22 49 21,933	10 49	7 33	15 53	23 58	+ 5 09
355,5	22 53 18,486	10 52	7 11	15 54	0 49	10 16
356,5	22 57 15,039	10 56	6 49	15 54	1 42	14 56
357,5	23 01 11,592	11 00	6 27	15 54	2 38	18 49
358,5	23 05 08,145	11 03	6 05	15 54	3 37	21 38
359,5	23 09 04,698	11 07	5 42	15 55	4 38	23 07
360,5	23 13 01,251	11 10	5 19	15 55	5 40	23 07
361,5	23 16 57,804	11 14	4 57	15 55	6 41	21 39
362,5	23 20 54,356	11 18	4 34	15 55	7 40	18 50
363,5	23 24 50,909	11 21	4 11	15 56	8 36	14 55
364,5	23 28 47,462	11 25	3 48	15 56	9 30	10 13
365,5	23 32 44,015	11 28	3 25	15 56	10 22	+ 5 03
366,5	23 36 40,567	11 32	3 02	15 56	11 12	— 0 17
367,5	23 40 37,120	11 32	2 39	15 57	12 01	5 29
368,5	23 44 33,672	11 39	2 16	15 57	12 50	10 20
369,5	23 48 30,225	11 43	1 52	15 57	13 39	14 37
370,5	23 52 26,778	11 46	1 29	15 57	14 29	18 09
371,5	23 56 23,330	11 50	1 06	15 58	15 19	20 49
372,5	0 00 19,883	11 53	0 43	15 58	16 11	22 30
373,5	0 04 16,435	11 57	+ 0 19	15 58	17 02	23 10
374,5	0 08 12,988	12 01	— 0 04	15 58	17 54	22 46
375,5	0 12 09,540	12 04	0 28	15 59	18 45	21 22
376,5	0 16 06,093	12 08	0 51	15 59	19 35	18 59
377,5	0 20 02,645	12 11	1 14	15 59	20 24	15 45
378,5	0 23 59,198	12 15	1 38	16 00	21 13	11 44
379,5	0 27 55,751	12 19	2 01	16 00	22 01	7 06
380,5	0 31 52,303	12 22	— 2 24	16 00	22 50	— 2 02

I. OKTÓBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben						A HOLD fényváltozásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(40)	274	5 42	11 34	17 25	16 50	5 14	☾ 20 17	
2	V		275	5 43	11 34	17 23	17 17	6 29		
3	H	41	276	5 45	11 33	17 20	17 48	7 47		
4	K		277	5 47	11 33	17 18	18 26	9 04		
5	Sz		278	5 48	11 33	17 17	19 12	10 19		
6	Cs		279	5 49	11 32	17 15	20 09	11 27		
7	P		280	5 50	11 32	17 13	21 14	12 26		
8	Sz		281	5 52	11 32	17 11	22 26	13 13	☾ 15 04	
9	V		282	5 53	11 32	17 09	23 41	13 52		
10	H	42	283	5 55	11 31	17 07	— —	14 23		
11	K		284	5 56	11 31	17 05	0 55	14 50		
12	Sz		285	5 57	11 31	17 03	2 08	15 13		
13	Cs		286	5 59	11 31	17 01	3 20	15 36		
14	P		287	6 00	11 30	16 59	4 31	15 59		
15	Sz		288	6 02	11 30	16 57	5 40	16 23	☾ 20 32	
16	V		289	6 03	11 30	16 55	6 48	16 49		
17	H	43	290	6 05	11 30	16 54	7 55	17 20		
18	K		291	6 06	11 29	16 52	8 58	17 55		
19	Sz		292	6 07	11 29	16 50	9 57	18 36		
20	Cs		293	6 09	11 29	16 48	10 49	19 25		
21	P		294	6 10	11 29	16 46	11 35	20 18		
22	Sz		295	6 12	11 29	16 44	12 15	21 18		
23	V		296	6 14	11 29	16 42	12 47	22 20		
24	H	44	297	6 15	11 28	16 41	13 15	23 23	☾ 0 04	
25	K		298	6 16	11 28	16 39	13 41	— —		
26	Sz		299	6 18	11 28	16 38	14 04	0 31		
27	Cs		300	6 19	11 28	16 36	14 26	1 40		
28	P		301	6 21	11 28	16 34	14 50	2 51		
29	Sz		302	6 23	11 28	16 32	15 15	4 04		
30	V		303	6 24	11 28	16 31	15 45	5 21		
31	H	45	304	6 25	11 28	16 30	16 20	6 40	☾ 7 04	

Hold: 5-én 12^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'17", 3
 21-én 7^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'46", 8

H Ó N A P

0^b világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...381,5	0 35 48,856	12 26	— 2 48	16 00	23 40	+ 3 16
382,5	0 39 45,408	12 29	3 11	16 01	0 31	8 32
383,5	0 43 41,961	12 33	3 34	16 01	1 25	13 26
384,5	0 47 38,514	12 37	3 58	16 01	2 22	17 39
385,5	0 51 35,067	12 40	4 21	16 01	3 22	20 49
386,5	0 55 31,619	12 44	4 44	16 02	4 23	22 39
387,5	0 59 28,172	12 48	5 07	16 02	5 26	23 00
388,5	1 03 24,725	12 51	5 30	16 02	6 27	21 51
389,5	1 07 21,278	12 55	5 53	16 03	7 26	19 20
390,5	1 11 17,831	12 59	6 16	16 03	8 23	15 44
391,5	1 15 14,384	13 02	6 38	16 03	9 16	11 19
392,5	1 19 10,937	13 06	7 01	16 03	10 07	6 24
393,5	1 23 07,490	13 10	7 24	16 04	10 57	+ 1 14
394,5	1 27 04,043	13 13	7 46	16 04	11 46	— 3 54
395,5	1 31 00,596	13 17	8 09	16 04	12 34	8 47
396,5	1 34 57,149	13 21	8 31	16 04	13 23	13 11
397,5	1 38 53,702	13 25	8 53	16 05	14 12	16 56
398,5	1 42 50,256	13 28	9 15	16 05	15 03	19 52
399,5	1 46 46,809	13 32	9 37	16 05	15 54	21 52
400,5	1 50 43,363	13 36	9 59	16 06	16 45	22 51
401,5	1 54 39,916	13 40	10 20	16 06	17 37	22 47
402,5	1 58 36,470	13 43	10 42	16 06	18 28	21 42
403,5	2 02 33,024	13 47	11 03	16 06	19 18	19 39
404,5	2 06 29,577	13 51	11 24	16 07	20 07	16 45
405,5	2 10 26,131	13 55	11 45	16 07	20 55	13 05
406,5	2 14 22,685	13 59	12 06	16 07	21 42	8 46
407,5	2 18 19,239	14 02	12 27	16 07	22 30	— 3 57
408,5	2 22 15,794	14 06	12 47	16 08	23 19	+ 1 11
409,5	2 26 12,348	14 10	13 07	16 08	0 10	6 26
410,5	2 30 08,902	14 14	13 27	16 08	1 03	11 30
411,5	2 34 05,456	14 18	— 13 47	16 08	1 59	+ 16 03

I. NOVEMBER

Datum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(45)	305	6 27	11 28	16 28	17 38	7 58	
2	Sz		306	6 28	11 28	16 26	18 59	9 12	
3	Cs		307	6 30	11 28	16 24	19 03	10 16	
4	P		308	6 32	11 28	16 23	20 15	11 09	
5	Sz		309	6 33	11 28	16 21	21 31	11 51	
6	V	46	310	6 35	11 28	16 20	22 46	12 25	☾ 22 56
7	H		311	6 36	11 28	16 19	24 00	12 54	
8	K		312	6 37	11 28	16 18	— —	13 18	
9	Sz		313	6 39	11 28	16 16	1 11	13 41	
10	Cs		314	6 41	11 28	16 15	2 21	14 03	
11	P	47	315	6 42	11 28	16 13	3 29	14 26	
12	Sz		316	6 44	11 28	16 12	4 36	14 52	
13	V		317	6 45	11 28	16 11	5 43	15 21	
14	H		318	6 46	11 28	16 10	6 47	15 54	☉ 13 01
15	K		319	6 47	11 29	16 09	7 48	16 33	
16	Sz		320	6 49	11 29	16 08	8 42	17 19	
17	Cs		321	6 51	11 29	16 06	9 31	18 11	
18	P		322	6 53	11 29	16 05	10 12	19 08	
19	Sz		323	6 54	11 29	16 05	10 47	20 09	
20	V		324	6 56	11 30	16 04	11 17	21 12	
21	H	48	325	6 57	11 30	16 03	11 42	22 16	
22	K		326	6 58	11 30	16 02	12 05	23 22	☾ 18 29
23	Sz		327	6 59	11 30	16 01	12 28	— —	
24	Cs		328	7 01	11 31	16 00	12 50	0 30	
25	P		329	7 03	11 31	15 59	13 13	1 40	
26	Sz	49	330	7 04	11 31	15 58	13 40	2 53	
27	V		331	7 05	11 31	15 58	14 11	4 10	
28	H		332	7 07	11 32	15 57	14 51	5 29	
29	K		333	7 08	11 32	15 57	15 41	6 45	☉ 17 50
30	Sz		334	7 09	11 32	15 56	16 42	7 56	

Hold: 2-án 4^h-kor földközélnben, látszólagos sugara: 16'32", 0
 17-én 24^h-kor földtrávolban, látszólagos sugara: 14'45", 4
 30-án 12^h-kor földközélnben, látszólagos sugara: 16'42", 8

H Ó N A P

(0^h viláigidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
412,5	2 38 02,011	14 22	- 14 07	16 09	2 59	+ 19 41
413,5	2 41 58,566	14 26	14 26	16 09	4 02	22 03
414,5	2 45 55,120	14 30	14 45	16 09	5 06	22 53
415,5	2 49 51,675	14 33	15 04	16 09	6 10	22 07
416,5	2 53 48,230	14 37	15 23	16 10	7 11	19 53
417,5	2 57 44,785	14 41	15 41	16 10	8 10	16 28
418,5	3 01 41,340	14 45	15 59	16 10	9 04	12 11
419,5	3 05 37,895	14 49	16 17	16 10	9 56	7 22
420,5	3 09 34,451	14 53	16 34	16 11	10 45	+ 2 18
421,5	3 13 31,006	14 57	16 52	16 11	11 33	- 2 46
422,5	3 17 27,561	15 01	17 09	16 11	12 21	7 37
423,5	3 21 24,117	15 05	17 25	16 11	13 09	12 05
424,5	3 25 20,673	15 10	17 42	16 12	13 58	15 57
425,5	3 29 17,228	15 14	17 58	16 12	14 48	19 05
426,5	3 33 13,784	15 18	18 14	16 12	15 39	21 20
427,5	3 37 10,340	15 22	18 29	16 12	16 30	22 35
428,5	3 41 06,896	15 26	18 44	16 12	17 22	22 48
429,5	3 45 03,453	15 30	18 59	16 13	18 13	22 00
430,5	3 49 00,009	15 34	19 14	16 13	19 03	20 13
431,5	3 52 56,565	15 38	19 28	16 13	19 52	17 34
432,5	3 56 53,122	15 43	19 42	16 13	20 39	14 10
433,5	4 00 49,678	15 47	19 55	16 13	21 26	10 09
434,5	4 04 46,235	15 51	20 08	16 14	22 13	5 37
435,5	4 08 42,792	15 55	20 21	16 14	23 00	- 0 44
436,5	4 12 39,348	15 59	20 33	16 14	23 48	+ 4 21
437,5	4 16 35,905	16 04	20 45	16 14	0 39	9 24
438,5	4 20 32,462	16 08	20 57	16 14	1 33	14 07
439,5	4 24 29,019	16 12	21 08	16 15	2 31	18 11
440,5	4 28 25,576	16 16	21 19	16 15	3 33	21 09
441,5	4 32 22,133	16 21	21 29	16 15	4 38	+ 22 41

I. D E C E M B E R

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidő					A HOLD fényváltozásai	
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kél	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(49)	335	7 10	11 33	15 56	17 54	8 57		
2	P		336	7 11	11 33	15 55	19 12	9 46		
3	Sz		337	7 13	11 34	15 54	20 31	10 25		
4	V		338	7 14	11 34	15 54	21 48	10 56		
5	H		50	339	7 15	11 34	15 54	23 01	11 22	
6	K		340	7 16	11 35	15 53	— —	11 45	☾ 9 35	
7	Sz		341	7 18	11 35	15 53	0 12	12 08		
8	Cs		342	7 19	11 36	15 53	1 21	12 31		
9	P		343	7 20	11 36	15 53	2 29	12 55		
10	Sz		344	7 21	11 37	15 53	3 35	13 23		
11	V		345	7 22	11 37	15 53	4 39	13 54		
12	H	51	346	7 22	11 37	15 53	5 40	14 32		
13	K		347	7 23	11 38	15 53	6 37	15 15		
14	Sz		348	7 24	11 38	15 53	7 28	16 05	☉ 8 07	
15	Cs		349	7 25	11 39	15 53	8 11	17 01		
16	P			350	7 25	11 39	15 53	8 48	18 00	
17	Sz		351	7 26	11 40	15 54	9 19	19 03		
18	V		352	7 27	11 40	15 54	9 46	20 07		
19	H	52	353	7 28	11 41	15 54	10 10	21 11		
20	K		354	7 28	11 41	15 55	10 32	22 17		
21	Sz			355	7 29	11 42	15 55	10 53	23 24	
22	Cs			356	7 29	11 42	15 56	11 15	— —	☾ 10 39
23	P			357	7 30	11 43	15 56	11 39	0 33	
24	Sz		358	7 30	11 43	15 57	12 07	1 45		
25	V		359	7 31	11 44	15 58	12 41	3 00		
26	H	53	360	7 31	11 44	15 58	13 24	4 16		
27	K		361	7 31	11 45	15 59	15 18	5 30		
28	Sz		362	7 31	11 45	16 00	15 26	7 36		
29	Cs		363	7 32	11 46	16 01	16 42	7 32	☉ 4 44	
30	P		364	7 32	11 46	16 01	18 02	8 17		
31	Sz		365	7 32	11 47	16 02	19 23	8 53		

Tél kezdete: 22-én 16^h12^m-kor.

Hold: 15-én 8^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'43", 4

30-án 1^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'46", 8

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "		h m	° ' "
442,5	4 36 18,691	16 25	— 21 39	16 15	5 44	+ 22 34
443,5	4 40 15,248	16 29	21 48	16 15	6 49	20 48
444,5	4 44 11,805	16 34	21 58	16 15	7 50	17 38
445,5	4 48 08,363	16 38	22 06	16 16	8 48	13 26
446,5	4 52 04,920	16 42	22 15	16 16	9 42	8 36
447,5	4 56 01,478	16 47	22 22	16 16	10 33	+ 3 28
448,5	4 59 58,036	16 51	22 30	16 16	11 22	— 1 40
449,5	5 03 54,593	16 55	22 37	16 16	12 10	6 36
450,5	5 07 51,151	17 00	22 43	16 16	12 58	11 09
451,5	5 11 47,709	17 04	22 49	16 16	13 46	15 08
452,5	5 15 44,267	17 09	22 55	16 16	14 36	18 25
453,5	5 19 40,824	17 13	23 00	16 17	15 25	20 52
454,5	5 23 37,382	17 17	23 05	16 17	16 16	22 22
455,5	5 27 33,940	17 22	23 09	16 17	17 08	22 51
456,5	5 31 30,498	17 26	23 13	16 17	17 59	22 18
457,5	5 35 27,056	17 31	23 16	16 17	18 50	20 46
458,5	5 39 23,614	17 35	23 19	16 17	19 39	18 20
459,5	5 43 20,172	17 39	23 22	16 17	20 27	15 08
460,5	5 47 16,731	17 44	23 24	16 17	21 13	11 17
461,5	5 51 13,289	17 48	23 25	16 17	21 59	6 56
462,5	5 55 09,847	17 53	23 26	16 17	22 45	— 2 14
463,5	5 59 06,405	17 57	23 26	16 17	23 32	+ 2 39
464,5	6 03 02,963	18 02	23 27	16 18	0 20	7 34
465,5	6 06 59,521	18 06	23 26	16 18	1 11	12 18
466,5	6 10 56,079	18 11	23 25	16 18	2 06	16 32
467,5	6 14 52,637	18 15	23 24	16 18	3 04	19 56
468,5	6 18 49,195	18 19	23 22	16 18	4 07	22 09
469,5	6 22 45,753	18 24	23 20	16 18	5 12	22 50
470,5	6 26 42,312	18 28	23 17	16 18	6 18	21 50
471,5	6 30 38,870	18 33	23 14	16 18	7 23	19 14
472,5	6 34 35,428	18 37	— 23 10	16 18	8 24	+ 15 21

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR				VÉNUSZ				MARS			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara		Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara		Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	
1955	h m	° '	"		h m	° '	"		h m	° '	"	
Jan.	1	19 00	— 24 43	2,35	15 38	— 15 24	17,26		23 24	— 4 36	3,27	
	6	19 36	23 46	2,41	15 54	16 10	16,06		23 37	3 06	3,18	
	11	20 11	22 11	2,52	16 11	17 00	14,99		23 50	1 34	3,10	
	16	20 45	19 57	2,67	16 30	17 50	14,04		0 03	— 3 33	3,02	
	21	20 17	17 11	2,90	16 50	18 38	13,20		0 16	+ 1 27	2,95	
	26	21 44	14 07	3,25	17 11	19 20	12,45		0 29	2 57	2,88	
	31	22 01	11 18	3,75	17 33	19 55	11,78		0 42	4 25	2,81	
Febr.	5	22 03	9 33	4,39	17 55	20 21	11,19		0 56	5 53	2,74	
	10	21 50	9 33	4,97	18 18	20 36	10,65		1 08	7 19	2,68	
	15	21 28	11 04	5,20	18 42	20 39	10,16		1 21	8 43	2,62	
	20	21 10	13 00	5,01	19 06	20 29	9,72		1 34	10 05	2,56	
	25	21 05	14 29	4,61	19 30	20 06	9,32		1 47	11 24	2,51	
Márc.	1	21 08	15 08	4,27	19 49	19 37	9,02		1 58	12 26	2,47	
	6	21 21	15 17	3,89	20 13	18 49	8,68		2 11	13 41	2,42	
	11	21 39	14 44	3,58	20 37	17 48	8,37		2 25	14 52	2,38	
	16	22 02	13 33	3,32	21 01	16 34	8,08		2 38	16 01	2,33	
	21	22 27	11 47	3,11	21 25	15 09	7,82		2 52	17 05	2,29	
	26	22 54	9 27	2,93	21 48	13 32	7,57		3 06	18 06	2,25	
	31	23 23	6 37	2,79	22 12	11 46	7,34		3 20	19 03	2,21	
Ápr.	5	23 53	— 3 18	2,68	22 34	9 52	7,13		3 34	19 56	2,18	
	10	0 25	+ 0 27	2,58	22 57	7 50	6,94		3 48	20 45	2,14	
	15	0 59	4 35	2,53	23 20	5 42	6,76		4 02	21 29	2,11	
	20	1 36	8 59	2,50	23 42	3 30	6,59		4 16	22 08	2,08	
	25	2 15	13 26	2,53	0 04	— 1 14	6,43		4 31	22 43	2,05	
	30	2 56	17 34	2,63	0 26	+ 1 03	6,29		4 45	23 03	2,02	
Máj.	5	3 37	21 00	2,80	0 48	3 21	6,15		4 59	23 38	2,00	
	10	4 16	23 28	3,07	1 11	5 38	6,03		5 14	23 58	1,97	
	15	4 50	24 53	3,42	1 33	7 53	5,91		5 28	24 13	1,95	
	20	5 17	25 24	3,84	1 56	10 04	5,80		5 43	24 22	1,93	
	25	5 38	25 11	4,33	2 19	12 09	5,70		5 57	24 27	1,91	
	30	5 51	24 24	4,87	2 43	14 09	5,61		6 11	24 27	1,89	
Jún.	5	5 55	22 57	5,49	3 11	16 21	5,50		6 29	24 20	1,87	
	10	5 50	21 31	5,89	3 36	18 01	5,43		6 43	24 09	1,86	
	15	5 39	20 07	6,05	4 01	19 29	5,35		6 57	23 53	1,84	
	20	5 28	19 03	5,95	4 26	20 45	5,28		7 11	23 33	1,82	
	25	5 20	18 33	5,52	4 52	21 47	5,23		7 25	23 08	1,81	
	30	5 19	+ 18 44	4,99	5 18	+ 22 33	5,17		7 39	+ 22 38	1,80	

és látszólagos sugara o^h világítókör

Dátum	JUPITER				SZATURNUSZ				URANUSZ			
	Rekta- szcen- ziója		Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója		Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója		Dekliná- ciója	Látszó- sugara
	h	m			h	m			h	m		
1955			° ' "	"	h	m	° ' "	"	h	m	° ' "	"
Jan.	1	7 56	+21 10	21,44	15 06	—15 11	7,13	7 54	+21 25	1,94		
	6	7 53	21 18	21,53	15 08	15 17	7,18	7 53	21 28	1,94		
	11	7 50	21 26	21,58	15 09	15 23	7,23	7 52	21 30	1,94		
	16	7 48	21 34	21,59	15 11	15 28	7,28	7 51	21 33	1,94		
	21	7 45	21 42	21,56	15 12	15 33	7,34	7 50	21 35	1,94		
	26	7 42	21 49	21,49	15 13	15 36	7,40	7 49	21 38	1,94		
	31	7 39	21 56	21,39	15 15	15 40	7,46	7 48	21 40	1,94		
Febr.	5	7 37	22 02	21,24	15 15	15 42	7,52	7 48	21 42	1,94		
	10	7 34	22 08	21,07	15 16	15 44	7,58	7 47	21 44	1,93		
	15	7 32	22 13	20,86	15 17	15 45	7,65	7 46	21 46	1,93		
	20	7 31	22 17	20,63	15 17	15 46	7,71	7 45	21 48	1,92		
	25	7 29	22 21	20,38	15 18	15 46	7,78	7 45	21 49	1,92		
Márc.	1	7 28	22 23	20,17	15 18	15 45	7,83	7 44	21 51	1,91		
	6	7 27	22 25	19,89	15 18	15 44	7,89	7 44	21 52	1,91		
	11	7 27	22 26	19,60	15 17	15 42	7,96	7 43	21 53	1,90		
	16	7 26	22 27	19,31	15 17	15 39	8,02	7 43	21 54	1,89		
	21	7 26	22 27	19,01	15 16	15 36	8,07	7 42	21 54	1,88		
	26	7 27	22 26	18,72	15 16	15 33	8,13	7 42	21 54	1,87		
	31	7 28	22 25	18,42	15 15	15 29	8,18	7 42	21 54	1,87		
Ápr.	5	7 29	22 22	18,13	15 14	15 24	8,23	7 42	21 54	1,86		
	10	7 30	22 20	17,80	15 13	15 19	8,27	7 42	21 54	1,85		
	15	7 32	22 16	17,57	15 11	15 13	8,31	7 43	21 53	1,84		
	20	7 34	22 12	17,31	15 10	15 08	8,34	7 43	21 53	1,83		
	25	7 36	22 06	17,05	15 09	15 02	8,36	7 43	21 51	1,83		
	30	7 39	22 01	16,81	15 07	14 56	8,38	7 44	21 50	1,82		
Máj.	5	7 42	21 54	16,58	15 06	14 50	8,30	7 44	21 49	1,81		
	10	7 45	21 47	16,36	15 04	14 44	8,39	7 45	21 47	1,80		
	15	7 48	21 39	16,15	15 03	14 38	8,38	7 46	21 45	1,80		
	20	7 51	21 31	15,96	15 01	14 32	8,37	7 46	21 43	1,79		
	25	7 55	21 21	15,78	15 00	14 25	8,35	7 47	21 41	1,78		
	30	7 58	21 11	15,61	14 59	14 21	8,33	7 48	21 38	1,78		
Jún.	5	8 03	20 58	15,42	14 57	14 15	8,29	7 50	21 35	1,77		
	10	8 07	20 47	15,28	14 56	14 11	8,25	7 51	21 32	1,77		
	15	8 11	20 35	15,15	14 55	14 07	8,21	7 52	21 29	1,76		
	20	8 15	20 22	14,04	14 54	14 04	8,16	7 53	21 26	1,76		
	25	8 19	20 08	14,93	14 53	14 02	8,11	7 54	21 23	1,75		
	30	8 24	+19 54	14,84	14 52	—14 00	8,05	7 55	+21 20	1,75		

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR				VÉNUSZ				MARS			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara			
1955	h m	° '	"	h m	° '	"	h m	° '	"			
Júl. 6	5 29	+19 41	4,31	5 49	+23 08	5,10	7 55	+21 57	1,79			
11	5 47	20 49	3,79	6 16	23 19	5,07	8 09	21 19	1,78			
16	6 14	21 55	3,35	6 43	23 13	5,03	8 22	20 37	1,77			
21	6 48	22 37	2,99	7 09	22 50	4,99	8 35	19 51	1,77			
26	7 28	22 30	2,74	7 36	22 09	4,96	8 48	19 01	1,76			
31	8 12	21 19	2,57	8 02	21 13	4,93	9 01	18 09	1,76			
Aug. 5	8 56	19 06	2,49	8 27	20 01	4,91	9 14	17 13	1,76			
10	9 37	16 06	2,47	8 53	18 35	4,89	9 27	16 15	1,75			
15	10 14	12 38	2,49	9 18	16 56	4,88	9 39	15 14	1,75			
20	10 48	8 57	2,54	9 42	15 05	4,87	9 52	14 11	1,75			
25	11 18	5 12	2,62	10 07	13 03	4,86	10 04	13 05	1,75			
30	11 46	+ 1 30	2,72	10 30	10 53	4,86	10 16	11 57	1,76			
Szept. 5	12 17	-- 2 43	2,88	10 58	8 07	4,87	10 31	10 34	1,76			
10	12 40	5 59	3,04	11 21	5 42	4,87	10 43	9 22	1,76			
15	13 01	8 56	3,25	11 44	3 13	4,89	10 55	8 10	1,77			
20	13 19	11 27	3,52	12 07	+ 0 41	4,90	11 07	6 55	1,77			
25	13 33	13 20	3,85	12 30	- 1 51	4,92	11 18	5 40	1,78			
30	13 41	14 21	4,25	12 52	4 23	4,94	11 30	4 25	1,79			
Okt. 5	13 39	14 02	4,68	13 15	6 53	4,97	11 42	3 08	1,80			
10	13 25	11 57	5,01	13 39	9 20	5,00	11 54	1 51	1,81			
15	13 06	8 23	4,98	14 02	11 41	5,03	12 05	+ 0 34	1,82			
20	12 52	5 08	4,51	14 26	13 56	5,07	12 17	- 0 44	1,84			
25	12 53	3 55	3,58	14 50	16 02	5,10	12 29	2 01	1,86			
30	13 07	4 52	3,35	15 15	17 57	5,15	12 41	3 18	1,87			
Nov. 5	13 36	7 46	2,91	15 46	20 01	5,21	12 55	4 49	1,89			
10	14 04	10 46	2,67	16 11	21 28	5,26	13 07	6 04	1,92			
15	14 34	13 49	2,52	16 38	22 41	5,31	13 19	7 19	1,94			
20	15 05	16 41	2,41	17 05	23 37	5,37	13 31	8 32	1,96			
25	15 37	19 16	2,35	17 32	24 15	5,44	13 43	9 44	1,99			
30	16 09	11 28	2,31	17 59	24 36	5,50	13 55	10 55	2,02			
Dec. 5	16 43	23 13	2,30	18 27	24 37	5,57	14 08	12 03	2,04			
10	17 17	24 29	2,31	18 54	24 20	5,66	14 20	13 10	2,07			
15	17 51	25 13	2,35	19 21	23 44	5,73	14 33	14 14	2,11			
20	18 26	25 22	2,41	19 48	22 50	5,83	14 45	15 16	2,14			
25	19 01	24 54	2,50	20 14	21 39	5,93	14 58	16 15	2,18			
30	19 36	-23 47	2,65	20 40	-20 13	6,02	15 11	-17 11	2,22			

és látszólagos sugara o^h világidőkor

Dátum	JUPITER				SZATURNUSZ				URÁNUSZ			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara			
1955	h m	° ' "		h m	° ' "		h m	° ' "				
Júl. 6	8 29	+19 37	14,75	14 52	-13 58	7,98	7 57	+21 15	1,75			
11	8 33	19 21	14,68	14 51	13 58	7,92	7 58	21 12	1,75			
16	8 38	19 05	14,63	14 51	13 59	7,86	7 59	21 08	1,75			
21	8 42	18 49	14,59	14 51	14 00	7,79	8 01	21 05	1,75			
26	8 47	18 32	14,56	14 51	14 02	7,73	8 02	21 01	1,75			
31	8 51	18 15	14,54	14 51	14 04	7,66	8 03	20 57	1,75			
Aug. 5	8 55	17 57	14,53	14 52	14 07	7,60	8 04	20 54	1,75			
10	9 00	17 39	14,54	14 52	14 11	7,53	8 06	20 50	1,75			
15	9 04	17 21	14,55	14 53	14 16	7,47	8 07	20 46	1,75			
20	9 09	17 02	14,58	14 54	14 21	7,41	8 08	20 43	1,76			
25	9 13	16 44	14,63	14 55	14 27	7,35	8 09	20 40	1,76			
30	9 17	16 25	14,68	14 56	14 33	7,30	8 10	20 36	1,77			
Szept. 5	9 22	16 02	14,76	14 58	14 41	7,23	8 12	20 32	1,77			
10	9 27	15 43	14,84	14 59	14 49	7,18	8 13	20 29	1,78			
15	9 31	15 25	14,93	15 01	14 57	7,13	8 14	20 27	1,78			
20	9 35	15 06	15,03	15 02	15 01	7,09	8 15	20 24	1,79			
25	9 38	14 48	15,15	15 04	15 13	7,04	8 15	20 21	1,80			
30	9 42	14 30	15,28	15 06	15 22	7,01	8 16	20 19	1,80			
Okt. 5	9 46	14 13	15,42	15 08	15 31	6,97	8 17	20 17	1,81			
10	9 49	13 56	15,58	15 10	15 40	6,94	8 17	20 15	1,82			
15	9 52	13 39	15,74	15 12	15 49	6,91	8 18	20 14	1,83			
20	9 56	13 24	15,92	15 15	15 59	6,89	8 18	20 13	1,83			
25	9 59	13 09	16,12	15 17	16 08	6,87	8 19	20 12	1,84			
30	10 01	12 55	16,32	15 19	16 17	6,85	8 19	20 11	1,85			
Nov. 5	10 04	12 40	16,58	15 22	16 28	6,84	8 19	20 11	1,86			
10	10 07	12 29	16,82	15 24	16 38	6,83	8 19	20 11	1,87			
15	10 09	12 19	17,06	15 27	16 47	6,83	8 19	20 12	1,88			
20	10 11	12 10	17,31	15 29	16 56	6,83	8 19	20 13	1,89			
25	10 12	12 03	17,57	15 32	17 04	6,83	8 18	20 14	1,90			
30	10 13	11 57	17,84	15 34	17 13	6,84	8 18	20 15	1,90			
Dec. 5	10 14	11 53	18,11	15 36	17 21	6,85	8 18	20 16	1,91			
10	10 15	11 50	18,39	15 39	17 29	6,87	8 17	20 18	1,92			
15	10 15	11 50	18,67	15 41	17 37	6,89	8 17	20 20	1,92			
20	10 15	11 51	18,95	15 43	17 44	6,91	8 16	20 23	1,93			
25	10 15	11 53	19,22	15 46	17 51	6,94	8 15	20 25	1,93			
30	10 15	+11 58	19,49	15 48	-17 57	6,97	8 14	+20 28	1,94			

III. A Jupiter 1—4. holdjának Magyarországon látható jelenségei középeurópai zónaidőben

A második és ötödik, ill. harmadik és hatodik oszlopban a pontok elhelyezése nagyjából a holdaknak a bolygókoronghoz viszonyított lát-szólágos helyzetait érzékeltetik; a mozgás iránya mindig a holdak megjelölésére szolgáló szám irányába esik. A k és v betű annak a megkülönböztetésére szolgál, hogy a megadott időpont a jelenség kezdetére vagy végére vonatkozik-e. «á» betű a holdak árnyékának a bolygókorongon való végigvonulási adatait jelöli meg.

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Január	1 ^h 00 ^m	h m	h m	1 ^h 00 ^m	h m
1	-2 -3	á1 k 19 39 1 k 20 00 á1 v 21 56 1 v 22 17	1 v 1 02 2 v 19 44	-4	
2	1-		1 v 19 28	-2 -3 -4	
3				-12- -3 -4	
4	2-1-	43 k 23 15		3- -4	
5	-2	3 k 0 21 43 v 2 45 3 v 3 52		1- 4- 3-	2 k 5 33
6	3- -1	42 k 23 58		2- 4-	
7	-3	2 k 0 25 42 v 2 46 á1 k 3 05 2 v 3 14 1 k 3 18 á1 v 5 21 1 v 5 34		1- 4- 2-	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Január	1h 00 ^m	h m	h m	1h 00 ^m	h m
8	.2 .3	á4 k 19 50 4 k 21 24 á1 k 21 33 1 k 21 44 á4 v 23 42 á1 v 23 50 1 v 24 00	1 v 2 45 2 v 21 57	4.	1 k 0 16 2 k 18 50
9	4. 1.	4 v 1 24	1 v 21 11	.2.3	1 k 18 45
10	4.	á1 v 18 18 1 v 18 26		.1 2. .3	
11	4.2.1.			3.	
12	4. .2	á3 k 3 14 3 k 3 36		3..1	
13	4. 3. .1			.2	
14	.4 .3	á2 k 2 35 2 k 2 40 á1 k 4 59 1 k 5 01 á2 v 5 24 2 v 5 29		2.1.	
15	.4 2..3	1 k 23 27 á1 k 23 27	1 v 4 29 3 v 20 43 2 k 21 23	.1	1 k 2 11
16	1. .4	1 v 1 43 á1 v 1 44	1 k 20 38	.2 .3	2 v 0 10 1 v 22 57
17		2 v 18 37 á2 v 18 43 1 v 20 09 á1 v 20 12	4 k 3 36	.4 .1 2. .3	
18	2. 1.			.4 3.	
19	.2			3..1 .4	
20	3. .1			.2 .4	
21	3.	2 k 4 55 á2 k 5 12		2.1. .4	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Január	1h 00 ^m	h m	h m	1h 00 ^m	h m
22	2. -3 -1		1 k 3 56 3 k 20 26 2 k 23 37	4.	
23	1.	1 k 1 10 41 k 1 21 1 v 3 27 41 v 3 38	1 v 22 21	-3 -4	3 v 0 42 2 v 2 44
24		2 k 18 04 42 k 18 31 1 k 19 36 41 k 19 50 2 v 20 52 42 v 21 20 1 v 21 53 41 v 22 06		-1 -2 -3 -4	1 v 0 52
25	2. 1.	44 v 17 47		4. 3.	1 v 19 20
26	-2 4.			3. 1	
27	4. 3. 1.			-2	
28	4. 3.			2. 1.	
29	4. -3 2. -1		3 k 23 44		
30	4.	1 k 2 54 41 k 3 15 1 v 5 10 41 v 5 32	2 k 1 50	-2 1.	3 v 4 42 2 v 5 19
31	-4	2 k 20 20 42 k 21 09 1 k 21 20 41 k 21 44 2 v 23 08 1 v 23 36 42 v 23 58 41 v 24 00	1 k 0 06	2. 3	1 v 2 46

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Február	24h 00 ^m	h m	h m	24h 00 ^m	h m
1	.2 .4		1 k 18 32	.1 3.	1 v 21 15
2	1. 3.	1 v 18 02 á1 v 18 29 á3 v 18 42	4 k 17 44 4 v 21 46	.2	2 v 18 36 4 k 21 59
3	3.			2. 1 .4	4 v 2 05
4	.3 2. 1			.4	
5	.2 .3			1. .4	
6	.1	1 k 4 39 á1 k 5 10	3 k 3 03 2 k 4 05	.2.3 4.	
7		2 k 22 37 1 k 23 05 á1 k 23 38 á2 k 23 46	1 k 1 51	3. 4. 2. 1.	1 v 4 42
8	.2	1 v 1 21 2 v 1 26 á1 v 1 55 á2 v 2 35	1 v 20 17	.1 3. 4.	1 v 23 10
9	1. 3	á1 k 18 07 á3 k 19 10 1 v 19 47 3 v 20 15 á1 v 20 23 á3 v 22 42		.2 4.	2 v 21 11
10	3. 4.			.1 2.	
11	.3 4. 2. 1	4 k 1 57			
12	4. .2 .3			1.	
13	4. .1			.3 .2	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Február	24 ^h 00 ^m	h m	h m	24 ^h 00 ^m	h m
14	4. 2.1.		1 k 3 37	.3	
15	.4 .2	1 k 0 51 2 k 0 57 á1 k 1 33 á2 k 2 24 1 v 3 06 2 v 3 45 á1 v 3 49	1 k 22 03	3.	
16	.4 1. 3.	1 k 19 17 á1 k 20 01 3 k 20 08 1 v 21 33 á1 v 22 18 á3 k 23 09 3 v 23 38	2 k 19 30	.2	1 v 1 05 2 v 23 46
17	3..4	á3 v 2 42		.1 2.	1 v 19 34
18	.3 2.1..4				
19	.2 .3			1..4	4 v 20 13
20	.1			.3 .2 .4	
21				2.1. .3 .4	
22	2.	1 k 2 37 2 k 3 18 á1 k 3 27	1 k 23 50	3. .4	
23	1.	1 k 21 04 á1 v 21 56 1 v 23 19 3 k 23 36	2 v 21 49	4.	1 v 3 01
24	3.	á1 v 0 12 3 v 3 05 á3 k 3 09		1 2. 4.	2 v 2 21 1 v 21 30
25	.3 1.2.	2 v 19 17 á2 v 21 09		4.	
26	.3 .2			.1 4.	
27	.1 4.	4 v 21 00		.3 .2	3 v 20 43
28	4.	á4 k 1 49		2.1. .3	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Március	23 ^h 30 ^m	h m	h m	23 ^h 30 ^m	h m
1	4. 2. .1	1 k 4 25		3.	
2	4.	1 k 22 52 á1 k 23 51	1 k 1 39	.23. 1.	
3	.4 3.	1 v 1 08 á1 v 2 07 3 k 3 07	2 k 0 10 1 k 20 06	.1 2.	1 v 23 49
4	.4 3. 1.2.	2 k 18 53 1 v 19 35 á1 v 20 35 á2 k 20 58 2 v 21 41 á2 v 23 47			
5	.4 .3.2			.1	
6	.4 1.		3 v 20 25	.2	3 k 21 08
7			4 k 23 58	.4 1.2. .3	3 v 0 43
8	2. .1		4 v 3 58	.4 3.	
9	.2 1.		1 k 3 28	.3 .4	
10	3.	1 k 0 41 á1 k 1 45 1 v 2 57 á1 v 4 01	2 k 2 34 1 k 21 56	.2 .4	
11	2. 3. 1.	á1 k 20 14 2 k 21 20 1 v 21 24 á1 v 22 30 á2 k 23 35		.4	1 v 1 20
12	.3 .2	2 v 0 08 á2 v 2 25		.1 4.	1 v 19 49
13	1.		3 k 20 33	.2 4.	2 v 20 48
14			3 v 0 05	1. 2..34.	3 k 1 08
15	2..1			4. 3.	
16	4. .2	á4 k 19 50		1. 3.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Március	23 ^h 30 ^m	h m	h m	23 ^h 30 ^m	h m
17	4. 3.	á4 v 0 04 1 k 2 31 ál k 3 40	1 k 23 47	.1 .2	
18	4. 3. 1.2.	1 k 20 59 ál k 22 09 1 v 23 15 2 k 23 50			1 v 3 16
19	4. .3.2	ál v 0 25 á2 k 2 13 2 v 2 37		.1	1 v 21 45
20	.4 1.			3.2	2 v 23 24
21	.4		3 k 0 18 3 v 3 49	.1 2. .3	
22	.4 2..1			3.	
23	.4 .2			1. 3.	
24	3. .1	á3 k 19 08 á3 v 22 41	4 v 20 30	.4 .2	
25	.3	1 k 22 51	1 k 1 39	2. .4	4 k 4 09 1 v 5 11
26	.3 2.	ál k 0 04 1 v 1 06 ál v 2 19 2 k 2 21	1 k 20 07	.4	1 v 23 40
27	1..3	1 v 19 34 ál v 20 48	2 v 20 43	.4	
28			3 k 4 07	.1 2..3 4.	2 v 1 59
29	1. 2.	á2 v 20 59		.3 4.	
30	.2			1. 3. 4.	
31	.1 3.	3 v 21 32 á3 k 23 07		.2 4.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Április	22h 45m	h m	h m	22h 45m	h m
1	3.	á3 v 2 41	1 k 3 32	4. 1. 2.	
2	.3 2. 4.	1 k 0 44 ál k 1 59 4 k 2 10 1 v 2 59	1 k 22 01		
3	4. .3 1.	ál k 20 27 1 v 21 28 ál v 22 43	2 k 23 15	.2	1 v 1 36
4	4.			.1 .3 2.	1 v 20 04
5	4. 1. 2.	á2 k 20 47 2 v 21 00 á2 v 23 37		.3	
6	.4 .2			1. 3.	
7	.4 .1	3 k 21 57		.2	
8	.4 3.	3 v 1 27		1. 2.	
9	.3 2. .4	1 k 2 38	1 k 23 56	.1	
10	.3 .2	1 k 21 07 ál k 22 22 1 v 23 22	.		4 k 22 12
11		ál v 1 38	2 k 1 49	.1 .3 .2 .4	4 v 2 39 3 v 20 45 1 v 22 00
12	. 1.	2 k 20 50 á2 k 23 25 2 v 23 37		.3 .4	
13	.2			.1 3. .4	
14	.1			3. .2 .4.	2 v 20 28
15	3.	3 k 1 56		1.2. 4	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Április	22 ^h 45 ^m	h m	h m	22 ^h 45 ^m	h m
16	.3 2. .1	.		4.	
17	.3 .2 1.	1 k 23 02	1 k 1 51	4.	
18		ál k 0 17 1 v 1 17 4 k 20 05	1 k 20 20	.2	3 k 21 09 1 v 23 55
19	4. 1. 2.	4 v 0 06 ál v 21 02 2 k 23 28		.3	3 v 0 45
20	4. .2			.1 3.	
21	4. 1.			3.	2 v 23 04
22	4. 3.			1.2.	
23	.4 3. 2..1				
24	.4 .3 .2			1.	
25	.4	1 k 0 58	3 k 20 03 1 k 22 17 3 v 23 36	.2	
26	1..4	ál k 20 41 1 v 21 43 ál v 22 57		2. .3	
27	2.			.1 .4 3.	1 v 20 19 4 v 20 48
28	1.		2 k 20 22	3. 4.	
29	3.			.1 2. .4	
30	3. 2. .1	ál v 20 47		.4	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Május	22h 15m	h m	h m	22h 15m	h m
1	-3 -2			1- 4-	
2	-1			-3 -2 4-	
3		1 k 21 24 41 k 22 36 1 v 23 40	3 k 0 12 1 k 0 14	2- -3 -4-	
4	2-	41 v 0 52		-1 4- 3-	1 v 22 15
5	1- 4-		2 k 23 02	-2 3-	
6	4- 3-	43 v 22 42		-1 2-	
7	4-3- -1 2-	42 v 23 24			
8	4- -3 -2			1-	
9	-4 -3 -1			-2	
10	-4 1-	1 k 23 22		2- 3	
11	-4 2-	41 k 0 31		-3	
12	-4 1- 2	41 v 21 16		3-	1 v 0 10
13	3-	3 v 22 02 43 k 23 06	4 k 23 28	-4 -1 -2	
14	3- 1-	2 k 23 11 42 k 23 11 2 v 23 43		-4	
15	-3 -2			1- -4	
16	-3 -1			-2 -4	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt. ill. árnyékuk (á)	mögött		
Május	22 ^h 15 ^m	h m	h m	22 ^h 15 ^m	h m
17				1. 2. 3. 4.	
18	. 2 1.		1 k 22 41	3. 4.	
19	. 2 1.	41 k 20 55 1 v 22 06 41 v 23 11		3. 4.	
20	3.	3 k 22 45		. 1 . 2 4.	
21	3. 1. 2.			4.	
22	. 3 . 2 4.			. 1	
23	4. 3. . 1				2 v 22 47
24	4.			1. 3 2.	3 v 20 46
25	4. 2. . 1			. 3	
26	. 4 . 2			3.	
27	. 4			3. 2	1 v 22 29
28	. 4 3. 1.			2.	
29	3. 2. . 4			. 1 .	
30	. 31.				
31			3 v 20 50	1. 2. . 4	3 k 21 08

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött		
Június	21 ^h 45 ^m	h m	h m	21 ^h 45 ^m	h m
1	2. 1			.3 .4	
2	.2			1. 3. .4	
3				3. 2 .4	
4	3. 1.	ál v 21 31		2. 4.	
5	.3. 2.			.1 4.	
6	.3 1. 2		2 k 23 22	4.	
7			3 k 21 35	.1 .2	
8	4. 1 2.	2 v 21 24 ál v 23 08		.3	
9	4. .2			1. 3.	
10	4.		1 k 23 10	.1 .2 3.	
11	4. 3.	1 v 22 36 ál v 23 26		2.	
12	.4 3. 2.			.1	
13	.4 .3 1. 2				
14	.4 .3.			.1 .2	
15	.4. 1			.3	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt, ill. árnyékuk (4)	mögött		
Június	21 ^h 45 ^m	h m	h m	21 ^h 45 ^m	h m
16	-2			4 1. -3	
17	-1			-2 3. 4	
18	3. 1.			2. -4	
19	3. 2.			-4	1 v 22 42
20	-3 -2 1.			-4	
21	-3			-1 -2 4.	
22	1.			2. 3 4.	
23	2.			1. 4. 3	
24	-1			4. 3.	2 v 22 32
25	4.			1. 2.	
26	4. 3. 2.		1 v 21 42		
27	4. -3 -2 1.	41 v 21 44			
28	4. -3			-1 -2	
29	-4 1.			2. 3	
30	-4 2.			-1 -3	

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött	
Október	h m	5h 00m	h m	h m	5h 00m
1		2.			1. 3 4.
2		.2 .1			.3 4.
3					4. 2 3.
4					.1 3.
5		4. 3. 2 1.			
6		4. 3.			.2. 1
7		4. .3 1.			2.
8		4. 2.		3 v 4 18	.3 1.
9		.4 .2. 1			.3
10		.4	á1 k 5 34		1. .2 3.
11		.4	á2 k 5 16		2. 3.
12	4 k 4 34	2. 3. 1.			
13		3.			.1 .4
14		.3 1.			2. .4
15		2.		3 k 4 56	1. .4
16		.2 .1			.3 .4

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán		korongja		keleti oldalán
			előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött	
Október	h m	5h 00m	h m	h m	5h 00m
17	- -				1. 2 3. 4.
18	1 k 4 38				2.3. 4.
19		2. 3.	ál v 4 14		4.
20		3.			.1 4.
21		.3 1. 4.	4 v 4 47		2.
22	3 k 4 40	4. 2.			.1
23		4. .2 .1			.3
24		4.			1. 2 .3
25		4. .1			2. 3.
26		.4 2. 3.	3 v 2 58 ál k 3 50 l k 4 58		
27	2 k 5 16	.4 3. .2		1 v 4 26	.1
28		.3.4 1.			.2
29	4 v 3 28	.3 2. 4	2 v 4 47		.1
30		.2 1.			.4.3
31					1. 2 .3.4

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött	
Novem- ber	h m	4h 30m	h m	h m	4h 30m
1		-1			2-3- -4
2		2	43 v 2 21 3 k 3 33		1- -4
3	1 k 2 53	3- -2			-4-
4		-3 1	41 v 2 29 1 v 3 41		-2 4-
5		-3 2	42 k 2 13 2 k 4 35 42 v 5 04		-1 4-
6		-2 1			-34-
7		4-		2 v 2 33	-2 -1 -3
8		4- -1			2- 3-
9		4- 2	43 k 2 41		3- 1-
10	1 k 4 46	4- 3- -2 -1			
11		-4 -3	41 k 2 06 1 k 3 19 41 v 4 23		-2
12		-4 -3	42 k 4 46	1 v 2 46	2-1
13		-4 2- 1			-3
14		-4		2 v 5 11	-1 -3
15		-1		4 k 4 35	-4 2- 3-

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Novem- ber	h m	4h 30m	h m	h m	4h 30m
16		2.			3. 1. .4
17		3. 2 .1			.4
18		3. 1.	ál k 3 59 1 k 5 14		.2 .4
19		.3		1 v 4 40	2. .4
20		2. 1.	1 v 1 59	3 v 5 11	4.
21	2 k 2 20				.1 .3 4.
22		1.			2.4.3.
23		2.	ál k 1 41 2 v 1 56		4.1.3.
24		.2 3. 4. 1			
25		3.4.	ál k 5 53		1. 2
26	1 k 3 00	4. .3			2.
27	3 v 4 07	4. 2. 1.	1 k 1 35 ál v 2 38 1 v 3 52	3 k 5 33	.3
28	2 k 4 56	.4 .2		1 v 1 01	.1 .3
29		.4 1.			.2 3.
30		.4 2.	2 k 1 38 ál v 2 01 2 v 4 28		.13.

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán		korongja		keleti oldalán
			előtt, ill. árnyékuk (4)	mögött	
Decem- ber	h m	4h 00m	h m	h m	4h 00m
1		·2 ·4 ·13·			
2		3·		4 v 3 17	·4 1· ·2
3	1 k 4 53	·3 ·1			2· ·4
4	3 k 4 26	2· ·3	41 k 2 14 1 k 3 28 41 v 4 31 1 v 5 44		·4
5		·2		1 v 2 53	·1 ·3 ·4
6		1·			·2 ·3 ·4
7		2·	42 k 1 43 2 k 4 08 42 v 4 35		·1 3· ·4·
8		·2 1· ·3·	3 v 2 08		4·
9		3·		2 v 2 08	·2 1· ·4·
10		·3 ·1	44 v 0 23		4· 2·
11		4· ·2· ·3 1·	41 k 4 08 1 k 5 19		
12		4· ·2			·3
13		4· 1·	41 v 0 53 1 v 2 03	1 v 23 11	·2 ·3
14		4·	42 k 4 17		2· ·1 3·
15	2 k 23 23	·4 2· ·1·	43 v 2 07 3 k 3 15		
16		·4 3·		2 v 4 36	1·

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán		korongja		keleti oldalán
			előtt, ill. árnyékuk (á)	mögött	
Decem- ber	h m	4h 00m	h m	h m	4h 00m
17		.3.4 .1			2.
18	4 k 4 32	.3 2..4			1.
19	1 k 3 08	.2			.4 .3
20		1.	41 k 0 29 1 k 1 36 41 v 2 47 1 v 3 53		.2 .4 .3
21				1 v 1 01	2..1 3. .4
22		2. 1.	43 k 2 29 43 v 6 05		3. .4
23	2 k 058	3.			.1 .4.
24		.3 .1			.2 .4.
25		.3 2.	2 v 1 07		1. .4.
26	1 k 5 01	.2 .1	4 k 23 23	3 v 0 11	.3 .4
27	1 k 23 29	4.	41 k 2 23 1 k 3 25 4 v 3 54 41 v 4 40 1 v 5 41		.2 .3
28		4.	41 v 23 08	1 v 2 49	.1 2. 3.
29		4. 2. 1.	1 v 0 08		3.
30	2 k 4 33	4. 3. .2			.1
31		4. 3. 1.			.2

IV/I. A nappal és a szürkület tartama Magyarországon
(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

Dátum	A n a p p a l			Polgári	Navigá- ciós	Csilla- gászati	
	szürkület						
	t a r t a m a						
	46°	47°	48°				
földrajzi szélességnél							
	óra perc	óra perc	óra perc	perc	óra perc	óra perc	
Január	1	8 43	8 35	8 27	35	1 14	1 51
	7	8 49	8 43	8 35	35	1 13	1 50
	13	9 00	8 52	8 44	35	1 12	1 49
	19	9 10	9 04	8 58	34	1 11	1 48
	25	9 25	9 19	9 12	33	1 10	1 46
Február	1	9 42	9 38	9 32	33	1 09	1 45
	7	9 59	9 55	9 49	32	1 08	1 44
	13	10 17	10 13	10 09	32	1 07	1 43
	19	10 35	10 32	10 29	31	1 07	1 42
	25	10 53	10 51	10 49	31	1 06	1 41
Március	1	11 06	11 04	11 02	31	1 06	1 41
	7	11 26	11 25	11 23	30	1 06	1 41
	13	11 46	11 44	11 44	30	1 06	1 42
	19	12 05	12 05	12 05	30	1 06	1 43
	25	12 25	12 25	12 27	31	1 07	1 44
Április	1	12 47	12 49	12 51	31	1 08	1 46
	7	13 07	13 09	13 11	31	1 09	1 49
	13	13 26	13 29	13 32	32	1 10	1 52
	19	13 45	13 48	13 52	32	1 12	1 56
	25	14 03	14 07	14 11	33	1 14	2 00
Május	1	14 21	14 25	14 31	34	1 17	2 05
	7	14 36	14 42	14 48	35	1 19	2 11
	13	14 52	15 58	15 05	36	1 22	2 18
	19	15 06	15 13	15 20	37	1 25	2 25
	25	15 18	15 26	15 33	38	1 28	2 33
Június	1	15 30	15 38	15 46	39	1 30	2 42
	7	15 38	15 46	15 54	39	1 33	2 49
	13	15 42	15 52	16 00	40	1 34	2 54
	19	15 45	15 54	16 03	40	1 35	2 57
	25	15 45	15 53	16 03	40	1 34	2 56

IV/1. A nappal és a szürkület tartama Magyarországon
(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

Dátum	A n a p p a l				Polgári	Navigá- ciós	Csilla- gászati
					szürkület		
	t a r t a m a						
	46°	47°	48°				
	földrajzi szélességnél						
	óra perc	óra perc	óra perc	perc	óra perc	óra perc	
Július 1	15 41	15 50	15 59	40	1 33	2 52	
7	15 36	15 44	15 53	39	1 32	2 46	
13	15 27	15 35	15 43	38	1 29	2 38	
19	15 17	15 24	15 32	37	1 27	2 30	
25	15 04	15 12	15 18	37	1 24	2 23	
Augusztus 1	14 48	14 54	15 00	35	1 21	2 15	
7	14 33	14 38	14 44	35	1 18	2 09	
13	14 15	14 21	14 25	34	1 16	2 03	
19	13 58	14 02	14 07	33	1 27	1 58	
25	13 41	13 44	13 47	32	1 11	1 54	
Szept. 1	13 19	13 21	13 25	32	1 10	1 50	
7	13 00	13 02	13 04	31	1 08	1 48	
13	12 41	12 43	12 43	31	1 07	1 45	
19	12 21	12 22	12 23	30	1 06	1 44	
25	12 02	12 02	12 02	30	1 06	1 42	
Október 1	11 43	11 42	11 41	30	1 06	1 42	
7	11 23	11 23	11 21	30	1 06	1 41	
13	11 04	11 02	11 00	31	1 06	1 41	
19	10 46	10 43	10 40	31	1 06	1 41	
25	10 27	10 24	10 20	31	1 07	1 42	
November 1	10 07	10 02	9 57	32	1 08	1 43	
7	9 49	9 45	9 39	32	1 09	1 44	
13	9 34	9 28	9 22	33	1 10	1 46	
19	9 19	9 13	9 06	34	1 11	1 47	
25	9 06	9 00	8 52	34	1 12	1 48	
December 1	8 56	8 48	8 40	35	1 13	1 49	
7	8 47	8 39	8 31	35	1 14	1 50	
13	8 42	8 34	8 27	35	1 14	1 51	
19	8 38	8 30	8 22	36	1 14	1 52	
25	8 39	8 31	8 22	36	1 14	1 51	

**IV/2. A nappal tartama különböző
északi földrajzi szélességű helyeken**

Földrajzi szélesség							
Dátum	10° h m	20° h m	30° h m	40° h m	50° h m	60° h m	65° h m
I 1	11 33	10 57	10 15	9 23	8 10	6 03	3 54
11	11 36	11 01	10 22	9 33	8 25	6 29	4 39
21	11 39	11 07	10 33	9 49	8 48	7 08	5 39
II 1	11 42	11 16	10 46	10 10	9 20	8 00	6 52
11	11 47	11 25	11 01	10 33	9 53	8 50	8 00
21	11 52	11 36	11 18	10 58	10 28	9 44	9 09
III 1	11 56	11 45	11 33	11 18	10 58	10 28	10 04
11	12 01	11 56	11 51	11 43	11 35	11 22	11 12
21	12 07	12 07	12 09	12 11	12 13	12 18	12 20
IV 1	12 14	12 20	12 29	12 39	12 55	13 17	13 35
11	12 18	12 31	12 47	13 05	13 31	14 12	14 44
21	12 24	12 42	13 04	13 30	14 07	15 05	15 52
V 1	12 29	12 52	13 20	13 54	14 41	15 58	17 03
11	12 33	13 01	13 35	14 15	15 13	16 49	18 14
21	12 37	13 09	13 47	14 34	15 40	17 35	19 26
VI 1	12 40	13 16	13 57	14 49	16 04	18 17	20 40
11	12 42	13 19	14 03	14 58	16 18	18 43	21 37
21	12 43	13 21	14 05	15 01	16 23	18 53	22 03
VII 1	12 42	13 19	14 03	14 58	16 18	18 43	21 38
11	12 41	13 16	13 57	14 50	16 04	18 18	20 42
21	12 37	13 10	13 48	14 36	15 44	17 41	19 34
VIII 1	12 33	13 02	13 34	14 16	15 14	16 51	18 17
11	12 29	12 53	13 20	13 55	14 43	16 01	17 06
21	12 24	12 42	13 04	13 32	14 09	15 09	15 56
IX 1	12 18	12 32	12 46	13 05	13 31	14 10	14 42
11	12 13	12 21	12 29	12 39	12 54	13 16	13 34
21	12 08	12 08	12 10	12 13	12 17	12 23	12 27
X 1	12 02	11 57	11 53	11 47	11 39	11 28	11 20
11	11 57	11 47	11 35	11 21	11 03	10 35	10 14
21	11 51	11 35	11 17	10 55	10 26	9 41	9 06
XI 1	11 47	11 25	10 59	10 29	9 48	8 43	7 51
11	11 42	11 16	10 44	10 08	9 16	7 53	6 43
21	11 38	11 07	10 32	9 48	8 47	7 07	5 37
XII 1	11 36	11 00	10 22	9 33	8 24	6 28	4 38
11	11 33	10 57	10 15	9 23	8 10	6 02	3 54
21	11 32	10 55	10 12	9 20	8 04	5 52	3 34

0° földrajzi szélességnél a nappal tartama az egész év folyamán 12^h 07^m.
A nappal tartama = napkeltétől napnyugtáig eltelt idő, szabad horizontnál.
(A napkelte, ill. napnyugta a napkorong felső peremére és tengerszintnyi magasságára vonatkozik.)

IV/3. A polgári szürkület hossza különböző északi földrajzi szélességű helyeken az évszakok kezdetekor

	III	VI	X	XII
	21	21	21	21
Földr. szél.	h m	h m	h m	h m
0°	0 21	0 23	0 21	0 23
10°	0 21	0 23	0 21	0 23
20°	0 22	0 25	0 22	0 24
30°	0 24	0 27	0 24	0 26
40°	0 27	0 33	0 28	0 31
50°	0 32	0 45	0 33	0 39
60°	0 42	1 47	0 43	0 58
65°	0 50	(egész éjjel)	0 49	1 27

A polgári szürkület hosszának (tartamának) azt az időtartamot nevezzük, ami eltelik: a nap 6°-os horizont alatti magassága és napfelkelte között, ill. napnyugta és a Napnak 6°-nyira a horizont alá való leszállása között. Ezen időközökben általában lehet még a szürkületi világosságnál a szabadban olvasni.

Hasonló a jelentése a IV/1. táblázatban található navigációs és csillagászati szürkületnek, amelyek 12°, ill. 18°-os horizontmagasságra vonatkoznak.

IV/4. A Nap delelési magassága (az északi félgömbön)

Földrajzi szélesség										
Dátum	0°	10°	20°	30°	40°	50°	55°	60°	65°	47°
I 1	67°	57°	47°	37°	27°	17°	12°	7°	2°	20°
11	68	58	48	38	28	18	13	8	3	21
21	70	60	50	40	30	20	15	10	5	23
II 1	73	63	53	43	33	23	18	13	8	26
11	76	66	56	46	36	26	21	16	11	29
21	79	69	59	49	39	29	24	19	14	32
III 1	82	72	62	52	42	32	22	22	17	35
11	86	76	66	56	46	36	31	26	21	39
21	90	80	70	60	50	40	35	30	25	43
IV 1	86 -*	84	74	64	54	44	39	34	29	47
11	82 -*	88	78	68	58	48	43	38	33	51
21	78 -	88 -*	82	72	62	52	47	42	37	55
V 1	75 -	85 -*	85	75	65	55	50	45	40	58
11	72 -	82 -*	88	78	68	58	53	48	43	61
21	70 -	80 -	90	80	70	60	55	50	45	63
VI 1	68 -	78 -	88 -*	82	72	62	57	52	47	65
11	67 -	77 -	87 -*	83	73	63	58	53	48	66
21	66,5 -	76,5 -	86,5 -*	83,5	73,5	63,5	58,5	53,5	48,5	66,5
VII 1	67 -	77 -	87 -*	83	73	63	58	53	48	66
11	68 -	78 -	88 -*	82	72	62	57	52	47	65
21	70 -	80 -	90 -	80	70	60	55	50	45	63
VIII 1	72 -	82 -*	88	78	68	58	53	48	43	61
11	75 -	85 -*	85	75	65	55	50	45	40	58
21	78 -	88 -*	82	72	62	52	47	42	37	55
IX 1	82 -*	88	78	68	58	48	43	38	33	51
11	86 -*	84	74	64	54	44	39	34	29	47
21	89,5 -*	80,5	70,5	60,5	50,5	40,5	35,5	30,5	25,5	43,5
X 1	87	77	67	57	47	37	32	27	22	40
11	83	73	63	53	43	33	28	23	18	36
21	79	69	59	49	39	29	24	19	14	32
XI 1	76	66	56	46	36	26	21	16	11	29
11	73	63	53	43	33	23	18	13	8	26
21	70	60	50	40	30	20	15	10	5	23
XII 1	68	58	48	38	28	18	13	8	3	21
11	67	57	47	37	27	17	12	7	2	20
21	66,5	56,5	46,5	36,5	26,5	16,5	11,5	6,5	1,5	19,5

A *-al jelzett dátumoknál a Nap delelési magassága azon helyeken 90°, ahol a földrajzi szélesség = 90°—(a Nap delelési magassága 0° földrajzi szélességnél).

V. Sarkcsillag felső delelésének időpontja közép-európai zónaidőben és azimutja Budapesten

Dátum		Delelési idő	Egynapi változás	Óraszög	Azimut	Óraszög
		h m	m s	h m	° '	h m
Január	10	18 19	—3 57	0 00	0 00,0	24 00
	20	17 39	3 57	0 30	0 11,1	23 30
	30	17 00	3 57	1 00	0 22,0	23 00
Február	9	16 20	3 57	1 30	0 32,6	22 30
	19	15 41	3 57	2 00	0 42,5	22 00
Március				2 30	0 51,7	21 30
	1	15 01	3 57	3 00	0 59,9	21 00
	11	14 22	3 57	3 30	1 07,2	20 30
	21	13 42	3 57	4 00	1 13,1	20 00
	31	13 03	3 56	4 30	1 17,9	19 30
Április	10	12 23	3 56	5 00	1 21,2	19 00
	20	11 44	3 56	5 30	1 23,1	18 30
	30	11 05	3 56	6 00	1 23,6	18 00
Május				6 30	1 22,8	17 30
	10	10 26	3 55	7 00	1 20,5	17 00
	20	9 46	3 55	7 30	1 16,8	16 30
Június				8 00	1 11,8	16 00
	9	8 28	3 55	8 30	1 05,7	15 30
	19	7 49	3 55	9 00	0 58,4	15 00
Július				9 30	0 50,2	14 30
	9	6 31	3 55	10 00	0 41,2	14 00
	19	5 52	3 55	10 30	0 31,5	13 30
Aug.				11 00	0 21,3	13 00
	8	4 34	3 55	11 30	0 10,7	12 30
	18	3 54	3 55	12 00	0 00,0	12 00
Szept.						
	7	2 36	3 55	Poláris		Poláris
	17	1 57	3 55	Északtól		Északtól
Október				Nyugatra		Keletre
	27	1 18	3 55			
	7	0 39	3 55			
Nov.						
	17	23 59	3 56			
	26	23 20	3 56			
Dec.						
	5	22 41	3 56			
	15	22 01	3 56			
Dec.						
	25	21 22	3 56			
	5	20 43	3 57			
Dec.						
	15	20 03	3 57			
	25	19 24	3 57			

A Sarkcsillag látszólagos koordinátái:

Deklináció: + 89°03'

Rektaszczenzió: 1h 52^m

A fényesebb csillagok fontosabb adatai

A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d (parsec)	M	RS	Jegyzet
α And	0 ^h 5 ^m 49 ^s	28° 49'	2,15	Alp	35,71	-0,61	-12 _v	
β Cas	0 6 30	58 52	2,42	F5	13,70	1,74	+12	
γ Peg	0 10 39	14 54	2,87	B2	142,9	2,91	+ 5 _v	
α Cas	0 37 39	56 16	var	K0	71,43	var	- 4	
β Cet	0 41 4	-18 16	2,24	K0	17,54	1,02	+13	
γ Cas	0 53 40	60 27	var	B0p	62,50	var	var	
β And	1 6 55	35 21	2,37	Ma	23,26	0,54	0	
δ Cas	1 22 31	59 59	2,80	A4	31,25	0,33	- 8 _v	
α UMi	1 48 49	89 02	2,12	F7	142,9	-3,60	-17 _v	
β Ari	1 51 52	20 34	2,72	A3	15,63	1,75	- 4 _v	
γ And	2 0 49	42 5	2,28	K0	125,0	-3,21	-12	
α Ari	2 4 20	23 14	2,23	K2	22,73	0,44	-14	
α Cet	2 59 40	3 54	2,82	Ma	76,92	-1,61	-25	
α Per	3 20 44	49 41	1,90	F5	83,33	-2,70	- 2	
τ Tau	3 44 30	23 57	2,96	B5p	58,82	-0,89	+10	rot: 60
δ Per	3 50 59	31 44	2,91	B1	125,0	-2,58	+21	
α Tau	4 33 3	16 25	1,06	K5	19,61	-0,40	+54	r = 80
β Eri	5 5 23	- 5 9	2,92	A3	25,64	0,88	- 9	
β Ori	5 12 8	- 8 15	0,34	B8p	166,7	-5,77	+23 _v	rot: 25
α Aur	5 12 59	45 57	0,21	G1	14,08	-0,53	30 _v	
γ Ori	5 22 27	6 18	1,70	B2	71,43	-2,57	+18	rot: 60
β Tau	5 23 8	28 34	1,78	B8	40,00	-1,32	+23 _v	
β Lep	5 26 6	-20 48	2,96	G0	62,50	-1,02	-14	
δ Ori	5 29 27	- 0 20	2,48	B0	200,00	-4,03	-12 _v	
α Lep	5 30 31	-17 51	2,69	F0	90,91	-2,10	+24	
τ Ori	5 32 59	- 5 56	2,87	08	47,62	-0,52	+22 _v	rot: 75
ξ Ori	5 33 40	- 1 14	1,75	B0	142,9	-4,03	+26	rot: 100
τ Ori	5 38 14	- 1 58	2,05	B0	125,0	-3,44	+19	
κ Ori	5 45 23	- 9 41	2,20	B0	166,7	-3,91	+20	
α Ori	5 52 28	7 24	var	M2	90,91	var	+21 _v	
β Aur	5 55 52	44 57	var	A0p	25,64	var	18 _v	
β CMa	6 20 29	-17 58	1,99	B1	90,91	2,80	+33 _v	
γ Gen	6 34 49	16 27	1,93	A0	23,81	0,05	v	
α CMa	6 42 56	-16 39	-1,58	A0	3,65	1,30	- 8 _v	
ϵ CMa	6 56 40	-28 54	1,63	B1	100,0	-3,37	+27	
δ CMa	7 6 22	-26 19	1,98	F8p	200,0	-4,53	+34 _v	
η CMa	7 22 7	-29 12	2,43	B5p	83,33	-2,17	+40	
α Gem	7 31 25	32 0	1,58	A8A3	14,29	0,80	-1 _v	rot: 50
α Cmi	7 36 41	5 21	0,48	F5	3,44	2,80	- 3 _v	
β Gem	7 42 16	28 9	1,21	K0	10,20	1,17	+ 4	
α Hya	9 25 8	- 8 26	2,16	K2	62,50	-1,82	- 4	
α Leo	10 5 43	12 13	1,34	B8	23,81	-0,54	+ 3	
γ Leo	10 17 13	+20 6	2,61	K0	50,00	-0,89	-36	
β UMa	10 58 50	56 39	2,44	A0	23,26	0,16	-12 _v	
α UMa	11 0 39	62 1	1,95	K0	32,26	-0,59	- 9 _v	
δ Leo	11 11 27	20 48	2,58	A3	19,61	1,12	-18 _v	rot: 175
β Leo	11 46 31	14 51	2,23	A2	12,99	1,66	- 1	rot: 100
γ UMa	11 51 13	53 58	2,54	A0	27,03	0,38	-14	

A fényesebb csillagok fontosabb adatai

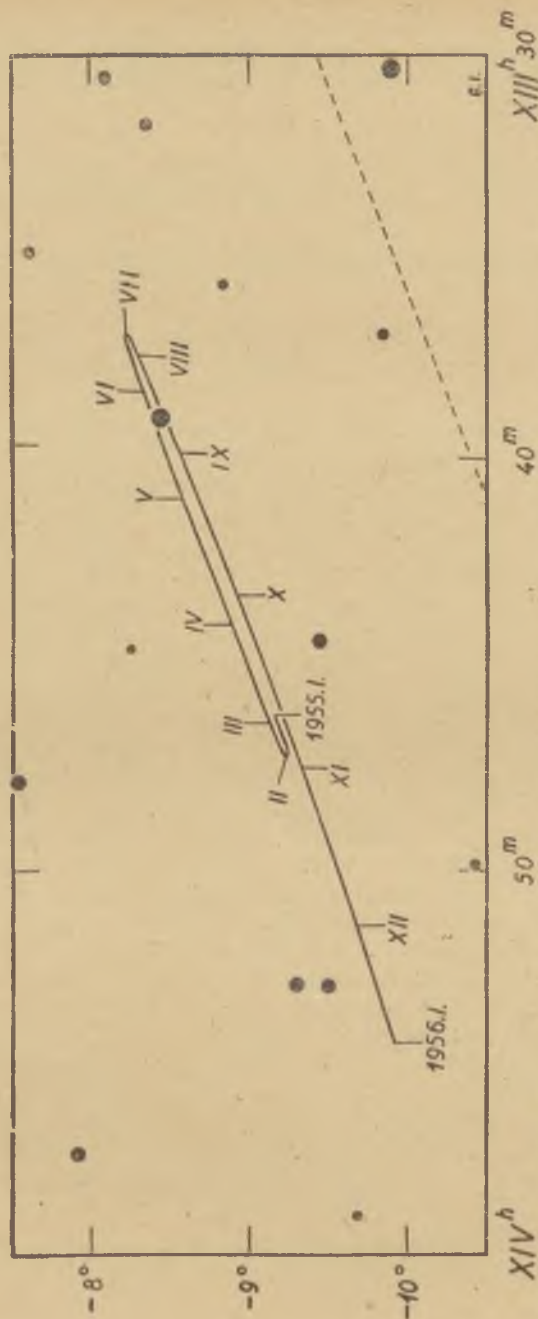
A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d (parsec)	M	RS	Jegyzet
γ Crv	12 13 14 ^s	17° 16'	2,78	B8	41,67	-0,32	-4v	
β Crv	12 31 45	— 23 07	2,84	G5	37,04	0,00	-8	
γ Vir	12 39 8	— 1 11	2,91	F0	10,53	2,80	-20	
ϵ UMa	12 51 50	56 14	1,68	A2p	14,93	0,81	-12v	rot: 50
α CVn	12 53 42	38 36	2,90	A0p	41,67	-0,20	-3	
ϵ Vir	12 59 41	11 14	2,95	K0	27,78	0,73	-14	
ξ UMa	13 21 55	55 11	2,40	A2p	23,81	+0,52	-6v	
α Vir	13 22 33	— 10 54	1,21	B2	58,82	-2,64	+1v	
η UMa	13 45 34	49 34	1,91	B3	58,82	-1,93	-11	rot: 130
α Boo	14 13 23	19 27	0,24	K0	11,49	-0,06	-4	r = 65
α Cen*	14 36 11	— 60 38	0,06	G0,K5	1,32	4,45	-22	
ϵ Boo	14 42 48	27 17	2,70	K0	66,67	-1,42	-16v?	
β UMi	14 50 50	74 22	2,24	K5	35,71	-0,52	+17	
β Lib	15 14 19	9 12	2,74	B8	50,00	-0,76	-37	
α CrB	15 32 34	26 53	2,31	A1	23,81	0,43	+3v	rot: 130
α Ser	15 41 48	6 35	2,75	K0	22,73	+0,97	3	
δ Sco	15 57 22	— 22 29	2,54	B0	90,01	-2,25	-16v	
η Dra	16 23 19	1 38	2,89	G5	30,30	+0,49	-14	
α Sco	16 26 20	— 26 19	1,22	Ma+A3	71,43	-3,05	-3v	r = 331
β Her	16 28 4	21 36	2,81	G5	55,56	-0,91	+26v	
τ Sco	16 32 46	28 7	2,91	B0	111,1	-2,32	+1	
ξ Oph	16 34 24	— 10 28	2,70	B0	166,7	-3,41	-19v	rot: 450
ξ Her	16 39 24	31 42	3,00	G0	9,09	3,21	-71v	
β Dra	17 29 18	52 50	2,99	G0	111,1	-2,24	-20	
α Oph	17 32 37	12 36	2,14	A5	20,41	0,59	+15	
γ Dra	17 55 26	51 30	2,42	K5	45,45	-0,87	-27	
δ Sgr	18 17 48	— 29 51	2,84	K0	31,25	0,37	-20	
λ Sgr	18 24 53	— 25 27	2,94	K0	27,78	0,72	-43	
α Lyr	18 35 15	38 44	0,14	A0	8,26	0,55	-14	
δ Sgr	18 52 10	— 26 22	2,14	B3	47,62	-1,25	-11	rot: 230
γ Aql	19 43 53	10 29	2,80	K2	55,56	-0,92	-2	
α Aql	19 48 21	8 44	0,89	A5	4,88	2,45	-27	rot: 270
γ Cyg	20 20 26	40 06	2,32	F8p	142,90	-3,40	-8	
α Cyg	20 39 44	45 06	1,33	A2p	200,0	-5,18	v	
ϵ Cyg	20 44 11	33 47	2,64	K0	25,64	0,60	-10v	
α Cep	21 17 23	62 22	2,60	A5	12,99	2,03	-12	
ϵ Peg	21 41 44	9 39	2,54	K0	76,92	-1,89	+5	
α PsA	22 54 54	— 29 53	1,29	A3	6,90	1,48	+6	rot: 100
β Peg	23 1 21	27 49	2,61	M2	55,56	-1,11	+10	
α Peg	23 2 16	14 56	2,57	A0	30,30	0,16	-4v	

* tőlünk nem látható.

Jegyzet: Az első oszlopban a csillag neve van a szokásos rövidítéssel. A második a csillag rektaszcenzióját, a harmadik a deklinációját tartalmazza 1950,0 epochára. A negyedik oszlopban a látszólagos nagyságrend (magnitúdó) van, az ötödikben színképtípusa, a hatodikban távolsága parsec-ban ($d = \pi$, π = parallaxis, képlet alapján). A hetedik oszlop a csillag abszolút nagyságrendje ($M = m + 5 + 5 \log \pi$ képlet alapján). Az utolsó előtti oszlopban a radiális sebesség van. (A mínusz előjel azt jelenti, hogy a csillag távolodik.) »Jegyzet« felirású rovatban »rot« a csillag egyenlítői forgási sebességét jelenti km/sec-ban, »r« a csillag sugarát (a Nap sugarát egységnek véve) interferometrikus mérések alapján.



I. ábra. Az Uránusz látszó pályája és a Jupiter pályája egyrészé a Gemini és Cancer csillagképekben. A római számok a bolygók helyzetét szemléltetik minden hó első napján. A szaggatott vonalak az ekliptikát és a csillagképek határait jelzik. Fényesség az oppozíció idején (jan. 16.) 5,^m 8



II. ábra. A Neptunusz látszó pályája a Virgo csillagképben. A római számok a bolygók helyzetét szemléltetik minden hó első napján. A szaggatott vonal az ekliptikát jelzi. Fényesség az oppozíció idején (ápr. 17.) 7,7

Plutó rektaszcenziója az 1955. év folyamán $10^h 1^m$ és $10^h 18^m$ között, deklinációja $+21^\circ 50'$ és $+23^\circ 12'$ között változik. Fényessége $+15^m$.

A CSILLAGOS ÉG AZ 1955. ÉVBEN

(Az időpontok közép-európai időben vannak megadva)

Január

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 10-ig a Sagittarius, 29-ig a Capricornus és utána az Aquarius csillagképekben. A hó második felében látszik napnyugta után a délnyugati égbolton. 28-án 9 órakor legnagyobb keleti kitérésben 18° távolságra a Naptól. 25-én 16 órakor együttállásban a Holddal, ettől 5° -kal délre. Fázisa 26-án 0,64, fényessége $-0.^m5$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 7-ig a Libra, 16-ig a Scorpio és utána az Ophiucus csillagképekben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 25-én 16 órakor legnagyobb nyugati kitérésben 47° távolságra a Naptól. 20-án 0 óra 38 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra. Fázisa 16-án 0,45, fényessége $-4.^m1$. — *Mars* előretartó mozgást végez 3-ig az Aquarius, utána a Pisces csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 29-én 5 óra 37 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal délre. Fényessége 15-én $+1.^m0$. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az egész éjszaka folyamán látható. 15-én 21 órakor szembenállásban a Nappal. 6-án 19 órakor szoros együttállásban az Uránusszal, ettől $9'$ -cel északra. Fényessége $-2.^m2$. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 18-án 4 óra 25 perckor együttállásban a Holddal ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m8$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az egész éj folyamán megfigyelhető. 16-án 15 órakor szembenállásban a Nappal. 9-én 4 óra 43 perckor együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. — *Neptunusz* 30-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 16-án 10 óra 34 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

2-án és 3-án a Bootidák; 17-én a Cygnidák, lassú mozgásúak.

Február

Bolygók

Merkur 8-ig az Aquarius, utána a Capricornus csillagképekben tartózkodik, 3-ig előretartó, 24-ig hátráló, s utána újra előretartó mozgást végezve. A hó első napjaiban még látható napnyugtakor a délkeleti égbolton. 12-én 20 órakor alsó együttállásban a Nappal. 21-én 9 óra 10 perckor együttállásban a Holddal, ettől $\frac{1}{2}^{\circ}$ -kal délre. Fázisa 5-én 0,19, fényessége $+0.^m9$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Sagittarius csillagképben. Hajnalban látható a délkeleti égbolton. 18-án 21 óra 58 perckor együttállásban a Holddal, ettől 1° -kal északra. Fázisa 15-én 0,60, fényessége $-3.^m9$. — *Mars* előretartó mozgást végez 24-ig a Pisces, utána az Aries csillagképekben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 26-án 20 óra 51 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal délre. Fényessége 15-én $+1.^m3$. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 5-én 7 óra 54 perckor együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. Fényessége 15-én $-2.^m1$. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 14-én 14 óra 58 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m7$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán megfigyelhető. 5-én 12 óra 21 perckor együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 12-én 18 óra 50 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

5-től 10-ig az Aurigidák, nagyon lassúak, fényesek.

Március

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 16-ig a Capricornus, utána az Aquarius csillagképekben. A hónap első felében látható napkelte előtt a hajnali égbolton. 11-én 1 órakor legnagyobb nyugati kitérésben 27° távolságra a Naptól. Fázisa 12-én 0,57, fényessége $+0.^m4$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 5-ig a Sagittarius, 28-ig a Capricornus és utána az Aquarius csillagképekben. Napkelte előtt látható a délkeleti égbolton. 21-én 3 óra 8 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal délre. Fázisa 17-én 0,71, fényessége $-3.^m6$. —

Mars előretartó mozgást végez az Aries csillagképben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 27-én 11 óra 34 perckor együttállásban a Holddal ettől 3°-kal délre. Fényessége 15-én +1.^m6. — Jupiter 16-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. 4-én 11 óra 4 perckor és 31-én 16 óra 42 perckor együttállásban a Holddal mindkét esetben, ettől 2°-kal északra. Fényessége 15-én —2.^m0. — Szaturnusz hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Az éjszaka második felében látható a délkeleti égbolton. 13-án 23 óra 7 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra. Fényessége 14-én +0.^m6. — Uránusz hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. 4-én 17 óra 55 perckor és 31-én 22 óra 49 perckor együttállásban a Holddal mindkét esetben, ettől 2°-kal északra. — Neptunusz hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 12-én 2 óra 23 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra.

Hullócsillagok

10-től 12-ig a Bootidák, gyors mozgásúak, maradandó nyommal.

Április

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 3-ig az Aquarius, 21-ig a Pisces — közben 10 és 13 között a Cetus csillagképet érintve — és utána az Aries csillagképekben. A hó folyamán nem figyelhető meg. 23-án 5 órakor felső együttállásban a Nappal. — Vénusz előretartó mozgást végez 18-ig az Aquarius, utána a Pisces csillagképekben. Napkelte előtt látható a keleti égbolton. 20-án 6 óra 20 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal délre. Fázisa 15-én 0,79, fényessége —3.^m4. — Mars előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. A koraesti órákban látható a nyugati égbolton. 25-én 2 óra 51 perckor együttállásban a Holddal, ettől 45'-cél délre. Fényessége 15-én +1.^m9. — Jupiter előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Éjfél előtt látható a nyugati égbolton. 28-án 3 óra 2 perckor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal északra. Fényessége 15-én —1.^m7. — Szaturnusz hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható. 10-én 4 óra 23 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra. Fényessége 15-én +0.^m4. — Uránusz előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjszaka első felében látható a keleti ég-

bolton. 28-án 5 óra 26 perckor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 17-én 17 órakor szembenállással a Nappal. 8-án 8 óra 37 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra.

Hullócsillagok

19--tól 23-ig a Lyridák, gyors mozgásúak, maradandó nyommal.

Május

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 3-ig az Aries, utána a Taurus csillagképekben. Az egész hó folyamán látható napnyugtakor a nyugati égbolton. A 21-ike körüli napokban megfigyelésre igen kedvező helyzetben: deklinációja $+25^\circ$ és két órával nyugszik a Nap után. 21-én 22 órakor legnagyobb keleti kitérésben 22° távolságra a Naptól. 23-án 11 óra 26 perckor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. Fázisa 21-én 0,39, fényessége $+0.^m6$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 4-ig a *Çetus*, 18-ig a Pisces és utána az Aries csillagképekben. Napkelte előtt látható a keleti égbolton. 20-án 2 óra 43 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal délre. Fázisa 15-én 0,87, fényessége $-3.^m3$. — *Mars* előretartó mozgást végez 26-ig a Taurus, utána a Gemini csillagképekben. Napnyugtakor látható a nyugati égbolton. 23-án 19 óra 7 perckor együttállásban a Holddal, ettől 1°-kal északra. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 29-ig a Gemini, utána a Cancer csillagképekben. Az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. 10-én 22 órakor igen szoros együttállásban az Uránusszal, ettől csak 1'-cel délre. 25-én 18 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m5$. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Az egész éjszaka folyamán látható. 9-én 7 órakor szembenállásban a Nappal. 7-én 7 óra 22 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m3$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. 25-én 15 óra 8 perckor együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az éjfélutáni órákban nyugszik és az éjszaka első felében észlelhető. 5-én 13 óra 39 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra.

6-án az Aquaridák, nagyon gyorsak és hosszú pályájúak; 11-től 14-éig a Herculidák, gyors mozgásúak; 30-án a Pegasidák, gyorsak, maradandó nyommal.

Június

Teljes napfogyatkozás 20-án, nálunk nem látható. A fogyatkozás látható a Számáli-földről, Dél-Arábiából, az Indiai-óceánról, Dél- és Kelet-Ázsiából, a hátsó-indiai szigetekről, a Fülöp-szigetekről, Japánból, Új-Guineából, Ausztrália északi feléből és a Csendes-óceán délnyugati területeiről. A teljes fogyatkozás vonala többek között áthalad Ceylon szigetén, Hátsó-Indián és a Fülöp-szigeteken is.

Bolygók

Merkur 5-ig a Taurus, 12-ig az Orion és utána újból a Taurus csillagképekben tartózkodik; mozgása 4-ig előretartó, 28-ig hátráló és utána újból előretartó. A hó folyamán nem figyelhető meg. 16-án 7 órakor alsó együttállásban a Nappal. 30-án 9 órakor együttállásban a Vénusszal, ettől 4° -kal délre. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 8-ig az Aries, utána a Taurus csillagképekben. Napkeltekor látható a keleti égbolton. 18-án 19 óra 51 perckor együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal délre. Fázisa 15-én 0,93, fényessége $-3.^m3$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképekben. Napnyugtakor még látható a nyugati égbolton. 21-én 12 óra 23 perckor együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal északra. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképben. Napnyugtakor látható a nyugati égbolton. 22-én 13 óra 7 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m4$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Az éjszaka első felében látható a délnyugati égbolton. 3-án 9 óra 40 perckor és 30-án 13 óra 16 perckor együttállásban a Holddal, mindkét esetben, ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m5$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Napnyugtakor látható a nyugati égbolton. 22-én 3 óra 25 perckor együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az éjszaka első felében figyelhető meg. 1-én 18 óra 21 perckor és 28-án 23 óra 57 perckor együttállásban a Holddal, mindkét esetben ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

2-től 17-ig a Scorpionidák, lassúak és fényesek; 23-tól 30-ig a Draconidák, nagyon lassúak.

Július

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 11-ig a Taurus, 14-ig az Orion, 29-ig a Gemini és utána a Cancer csillagképekben. A hó első felében látható hajnalban a keleti égbolton. 9-én 12 órakor legnagyobb nyugati kitérésben 21° távolságra a Naptól. 18-án 4 óra 45 perckor szoros együttállásban a Holddal, ettől 5'-cel délre. 28-án 2 órakor együttállásban a Vénusszal, ettől 20'-cel északra és 29-én 23 órakor az Uránusszal, ettől 41'-cel északra. Fázisa 15-én 0,53, fényessége $0.^m0$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 8-ig a Taurus, utána a Gemini csillagképekben. Napkeltekor látható a keleti égbolton. 18-án 15 óra 45 perckor együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. 31-én 8 órakor együttállásban az Uránusszal, ettől 12'-cel északra. Fázisa 15-én 0,97, fényessége $-3.^m3$. — *Mars* előretartó mozgást végez 7-ig a Gemini, utána a Cancer csillagképekben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképben. A hó első napjaiban még látható napnyugtakor a nyugati égbolton. — *Szturnusz* 20-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Az éjszaka első felében figyelhető meg a délnyugati égbolton. 27-én 19 óra 38 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m7$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez 11-ig a Gemini, utána a Cancer csillagképekben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 21-én 14 órakor együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* 8-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 26-án 7 óra 17 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

8-tól kezdve láthatók a Perseidák; 25-től 30-ig az Aquaridák; lassú mozgásúak.

Augusztus

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 7-ig a Cancer, 27-ig a Leo és utána a Virgo csillagképekben. A hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 5-én 18 órakor felső együttállásban a

Nappal. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 15-ig a Cancer, utáná a Leo csillagképekben. A Nap közelsége miatt már nem figyelhető meg. — *Mars* előretartó mozgást végez 6-ig a Cancer, utána a Leo csillagképekben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 17-én 4 órakor együttállásban a Nappal. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 4-én 7 órakor együttállásban a Nappal. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. A koraesti órákban látszik a nyugati égbolton. 24-én 5 óra 9 perckor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m8$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképben. A Nap közelsége miatt még nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Napnyugta után látható a délnyugati égbolton. 22-én 16 óra 21 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra.

Hullócsillagok

9-én megy át a Föld a Perseidák legsűrűbb részén, melyek 20-ig láthatók.

Szeptember

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó közepe felé látható pár napig napnyugtakor megfigyelésre elég kedvezőtlen helyzetben. Legnagyobb keleti kitérésben 18-án 17 órakor 27° távolságra a Naptól. 18-án 12 óra 57 perckor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. Fázisa 18-án 0,59, fényessége $+0.^m3$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 14-ig a Leo, utána a Virgo csillagképekben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 1-én 8 órakor felső együttállásban a Nappal. — *Mars* előretartó mozgást végez a Leo csillagképben. A hó folyamán kezd látszani napkeltekor a keleti égbolton. 15-én 17 óra 25 perckor együttállásban a Holddal, ettől 7°-kal északra. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Leo csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 14-én 0 óra 49 perckor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m4$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Napnyugta után látható a délnyugati égbolton. 20-án 17 óra 6 perckor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m8$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 12-én 15 óra 4 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó első felében még látható napnyugta után a délnyugati égbolton. 19-én 2 óra 21 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra.

Hullócsillagok

7-től 15-ig a Perseidák.

Október

Bolygók

Merkur 22-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó végén látható napkeltekor a keleti égbolton. 13-án 22 órakor alsó együttállásban a Nappal. Legnagyobb nyugati kitérésben 29-én 12 órakor 19° távolságra a Naptól. Fázisa 28-án 0,50, fényessége $-0.^m2$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 18-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben. A hó utolsó napjaiban kezd napnyugtakor előtűnni a délnyugati égbolton. Fázisa 15-én 0,98, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Napkelte előtt figyelhető meg a keleti égbolton. 14-én 10 óra 3 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra. Fázisa 15-én 0,99, fényessége $+2.^m0$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Leo csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 11-én 16 óra 50 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m5$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Napnyugtakor látható a délnyugati égbolton. 18-án 6 óra 16 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m8$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképben. Az éjfél előtti órákban kel és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 9-én 22 óra 39 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 22-én 5 órakor együttállásban a Nappal.

Hullócsillagok

2-án a Quadrantidák; 9-én a Draconidák; 19-től 23-ig az Arietidák, nagyon lassúak és fényesek; 18-tól 20-ig az Orionidák, gyorsak, maradandó nyommal; 30-tól a Tauridák.

November

Részleges holdfogyatkozás 29-én, tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 15 óra 51 perckor, belépés a teljes árnyékba 17 óra 21 perckor, fogyatkozás közepe 17 óra 59 perckor, kilépés a teljes árnyékból 18 óra 37 perckor, kilépés a félárnyékból 20 óra 8 perckor. A fogyatkozás nagysága 0,12.

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 12-ig a Virgo, 28-ig a Libra és utána a Scorpio csillagképekben. A hó első felében látható napkeltekor a keleti égbolton. 7-én 8 órakor együttállásban a Neptunusszal, ettől 18'-cel északra. 13-án 14 óra 21 perckor együttállásban a Holddal, ettől 5°-kal északra. Fázisa 7-én 0,83, fényessége $-0.^m7$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 7-ig a Libra, 12-ig a Scorpio, 27-ig az Ophiucus és utána a Sagittarius csillagképekben. Napnyugta után látszik a délnyugati égbolton. 16-án 7 órakor együttállásban a Holddal, ettől 12'-cel délre. Fázisa 15-én 0,95, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Napkelte előtt látható a keleti égbolton. 12-én 2 óra 12 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra. Fényessége 15-én $+2.^m0$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Leo csillagképben. Az éjszaka második felében figyelhető meg. 8-án 5 óra 47 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m6$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 17-én 0 órakor együttállásban a Nappal. — *Uránusz* 8-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Cancer csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható. 6-án 5 óra 1 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Napkelte előtt látható a keleti égbolton. 12-én 20 óra 51 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6°-kal északra.

Hullócsillagok

3-tól 15-ig a Leonidák, nagyon gyorsak; 17-től 27-ig az Andromedidák nagyon lassúak.

December

Gyűrűs napfogyatkozás 14-én, nálunk mint részleges fogyatkozás látható. A fogyatkozás megfigyelhető Afrikából, kivéve a déli és nyugati részeket, a Földközi-tenger közép és keleti részeiről, Délkelet-Európából, Ázsiából, kivéve az északi és északkeleti részeket, az Indiai-óceánról, a hátsó-indiai szigetekről és a Fülöp-szigetekről. Budapesten napkeltekor a fogyatkozás már túl van a legnagyobb fázisán és így csak a kilépés figyelhető meg 7 óra 43 perckor, kilépési szög 133° (a napkorongon, peremén északról kelet felé számítva). A fogyatkozás nagysága Budapestre 0,39 (ez azonban nem figyelhető meg).

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 13-ig az Ophiucus és utána a Sagittarius csillagképekben. A hó utolsó napjaiban látható közvetlenül napnyugtakor. 4-én 14 órakor felső együttállásban a Nap-pal. Fázisa 27-én 0,92, fényessége $-0.^m7$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 23-ig a Sagittarius, utána a Capricornus csillagképekben. Napnyugta után látható a nyugati égbolton. 16-án 21 óra 3 perckor együttállásban a Holddal, ettől 5° -kal délre. Fázisa 15-én 0,90, fényessége $-3.^m3$. — *Mars* előretartó mozgást végez 9-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben. Hajnalban látható a keleti égbolton. 10-én 18 óra 35 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal északra. Fényessége 15-én $+1.^m8$. — *Jupiter* 18-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Leo csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható. 5-én 16 óra 4 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m9$. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Hajnalban látható a délkeleti égbolton. 12-én 7 óra 50 perckor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m8$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Cancer csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látszik. 3-án 12 óra 10 perckor és 30-án 21 óra 3 perckor együttállásban a Holddal mindkét esetben, ettől 4° -kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 10-én 4 óra 19 perckor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal északra.

Hullócsillagok

10-től 12-ig a Geminidák.

Összeállította: Guman István

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE AZ 1953. ÉVBEN

A létesítendő mátrai fiókindézet helyéül kijelölt Piskés-tető meteorológiai viszonyait a nyári hónapokban tovább tanulmányoztuk. A megfigyelési eredmények ezúttal is igazolták, hogy a levegő nyugodtsága a Piskés-tetőn lényegesen kedvezőbb, mint a Szabadsághegyen. Az év végére elkészültek a fiókindézet főépületének tervei.

A fiókindézet számára a jénai Zeiss cégnél megrendelt aplanatikus tükörteleszkóp ügyében lényeges változás állt be. A cég kisebb nagyságban elkészített egy Sonnefeld-típusú reflektort és ezt kipróbálta. Kiderült, hogy a gyakorlatban ennek a típusnak az előnyeit nem lehet teljes mértékben kihasználni és már a 30 cm-es aszférikus tükör kivitelezése rendkívüli nehézségbe ütközött. Így igen félő volt, hogy a rendelt 90 cm-es Sonnefeld-típusú reflektor nem felelne meg a kívánalmaknak. Ezért végül is a Schmidt-rendszer mellett döntöttünk. Az új műszer egy 90 cm átmérőjű gömbtükörből és egy 60 cm átmérőjű korrekciós lemezből fog állni, nyílászárója pedig 1 : 2 lesz.

Beruházási keretünkből a könyvtár 3. emeletét polcokkal szereltük fel, beszereztünk egy Riefler-ingás csillagászati órát, egy VW 100 típusú 500 cm csúcsávolságú és 150 cm csúcsmagasságú esztergapadot, 5 db szekrényt fotográfiai lemezek tárolására, valamint több kisebb bútordarabot. Az Uránia Csillagvizsgálótól csere útján egy 1500 cm csúcsávolságú és egy 250 cm csúcsmagasságú esztergapadot kaptunk.

A tavalyi beszámolóban említett Kienle-rendszerű elektromikrofotométer megrendelését az Akadémia elhalasztotta. Általában a külföldi megrendelések teljesítése sok kívánni valót hagy hátra, a folyóirat-megrendeléseket kivéve. A külföldi folyóiratok rendszeresen érkeztek és kielégítő volt a külföldi könyvek érkezése is. A könyvtár állománya 18 000 kötet fölé emelkedett.

Az Intézet személyzete:

A személyzet az év folyamán egy tudományos segédmunkatárssal, egy félállású könyvtárossal és egy félállású kertésszel gyara-

podott. Ezekkel a kinevezésekkel az Intézet személyzete így alakult:
Igazgató: Detre László.

I. Általános asztrofizikai osztály:

Osztályvezető: Detre László.

Tudományos munkatársak: Balázs Júlia, Csada Imre, Guman István.

Tudományos munkaerők: Elter Dezső és Lovas Miklós.

II. Napfizikai osztály:

Osztályvezető: Dezső Loránt.

Tudományos segédmunkatárs: Gerlei Ottó.

Tudományos munkaerő: Mersits József.

Intézeti laboráns: Nagy László.

III. Pozícióasztrolómiai és sztellárstatisztikai osztály:

Osztályvezető: Földes István (félállással).

Tudományos munkatárs: Herczeg Tibor.

Tudományos segédmunkatárs: Szabó Elemér.

Mechanikai műhely: Elter János műhelyvezető, Kálmán Béla és Vidéki István intézeti mechanikusok.

Gazdasági és adminisztrációs részleg:

Főkönyvelő: Káldor Ernőné.

Könyvtáros: G. Kovács Tibor (félállással).

Gép-gyorsíró: Komoróczy Júlia.

Gépkocsivezető: Tamás János.

Betanított munkás: Iváncsik Miklós.

Hivatalsegéd: Iváncsikné Guba Borbála.

Kertész: Tamás Jánosné (félévre).

A nyári hónapokban mindegyik osztályon 3—3 egyetemi hallgató dolgozott egy hónapon keresztül. Az Uránia Csillagvizsgáló személyzetéből Sinka József néhány estén dolgozott az I. osztályon, Róka Gedeon (Budapest) és Magyar János (kecskeméti Uránia) pedig rendszeresen dolgozott a II. osztály számára.

Az Intézetben két aspiráns nyer kiképzést; Izsák Imre égi mechanikai és Ozsváth István sztellárdinamikai munkakörben. Aspiránsi elővizsgájukat mindketten kitűnő eredménnyel letették.

Tudományos munka és eredmények. I. osztály. Az 1953. év rendkívül kedvező időjárását teljes mértékben kihasználtuk és mind a 16 cm-es asztrográfon, mind a 60 cm-es reflektoron az Intézet fennállása óta ez évben gyűlt össze a legnagyobb megfigyelési anyag.

Az asztrográfon folytattuk a rövidperiódusú Delta-Cephei csil-

lagok fénygörbe- és periódusváltozásának tanulmányozását. Ezenfelül új programot is kezdtünk: az összes olyan RR Lyrae-csillag fénygörbéjének meghatározását, amelyek minimumban nem gyengébbek a 13,5 fényrendnél és deklinációjuk nagyobb -10° -nál. Ezt az új programot azért kezdtük, mert az eddig, a periódusváltozás tanulmányozásáért, megfigyelt RR Lyrae-csillagok fénygörbéiből a fényváltozás amplitudójának a periódustól való függésére a budapesti homogén anyagból érdekes eredmények adódtak. Az itt kapott összefüggések megerősítésére minél nagyobb megfigyelési anyagot igyekszünk összegyűjteni és ezért olyan RR Lyrae-csillagok fényváltozását is meg kell határozni, amelyek nem mutatnak periódusváltozást. A felvételek számáról a következő táblázat ad tájékoztatást:

Csillag	Exp. idő (perc)	Észlelő Balázs	Elter	Guman	Lovas	Sinka	Szabó	Összesen
XX And	4	—	—	—	36	—	—	36
AC And	4	—	115	786	—	—	—	901
BS Aqr	4	51	—	—	—	—	—	51
RV, RW Ari	4	27	—	—	—	—	—	27
TZ Aur	6	—	—	—	30	—	—	30
RW Cne	4	—	37	—	60	—	—	97
W Cvn	3	—	—	—	116	—	—	116
Z Cvn	6	—	—	—	128	—	—	128
ST CVn	4	—	—	—	113	—	—	113
AQ Cep	8	—	111	—	—	—	—	111
RR Cet	3	—	—	—	—	—	219	219
S CoB	6	—	—	—	74	—	—	74
XX Cyg	4	—	36	—	—	—	—	36
DX Del	4	—	49	—	13	—	—	62
RW Dra	4	77	582	—	218	28	—	905
WY Dra	6	131	—	—	—	—	—	131
XZ Dra	3	7	240	22	59	—	—	328
RR Gem	4	—	—	—	63	16	—	79
TW Her	4	—	329	—	—	—	—	329
VZ Her	3	—	32	—	—	—	—	32
AF Her	5	2	—	—	—	—	—	2
AR Her	4	27	407	—	60	—	—	494
DY Her	4	7	—	—	—	—	—	7
RR Leo	3	—	—	—	66	—	—	66
Y L Mi	8	—	—	—	17	—	—	17
EH Lib	3	—	—	167	—	—	—	167
RZ Lyr	3	—	4	253	—	—	—	257
VV Peg	4	—	—	41	—	—	—	41
AV Peg	3	—	41	—	—	—	—	41
BG, BH Peg	6	—	8	—	—	—	—	8
DY Peg	4	39	—	—	—	—	—	39
Összesen :	136	368	1991	1269	1053	44	219	4944

A reflektorra szerelt fotoelektromos berendezést sikerült tovább tökéletesíteni és a műszer az egész évben kifogástalanul működött. Részben ezzel is a rövidperiódusú Delta Cephei-csillagok fénygörbeváltozását tanulmányoztuk, de megkezdtük több hosszúperiódusú Cepheida kolorimetriai megfigyelését is, négy vagy legalább két színtartományban. Azonkívül folytattuk néhány fődési kettőscsillag megfigyelését is. A fotoelektromos megfigyelések túlnyomó részét feldolgoztuk. Ezekről a megfigyelésekről az alábbi táblázat ad áttekintést:

Csillag	Típus	Megfigyelések száma	Észlelő	Színtartomány
SW And	RR Lyr	2708	Detre, Lovas	Szűrő nélkül
VZ Cnc	»	2300	Guman, Lovas	» »
RZ Cep	»	918	Detre, Lovas	» »
RR Lyr	»	3612	» »	» »
Aql	Cep	402	» »	UV, kék, sárga, vörös
FF Aql	»	598	» »	» » » »
X Cyg	»	706	» »	kék, sárga
S Sag	»	173	» »	UV, kék, sárga, vörös
T Vul	»	102	» »	» » » »
U Vul	»	80	» »	» » » »
GO Cyg	Lyr	314	» »	kék, sárga
TX Her	Algol	111	» »	» »
λ Tau	»	278	» »	UV, kék, sárga, vörös
γ U Mi	»	300	Csada, Lovas	» » » »

12602

Az SW Andromedae-ről kapott fotoelektromos megfigyelésekből kimutattuk, hogy a csillag felszálló ágában 37 napos periódussal változások lépnek fel, míg a maximum fényessége mindössze néhány század magnitudoval változik. Tehát ennél a csillagnál a Blasko-effektus egészen másképpen mutatkozik, mint a többi RR Lyrae-csillagnál. Ez különösen azért érdekes, mert ez a csillag valószínűleg a Baade-féle I. populációhoz tartozik, szemben a többi RR Lyrae-csillaggal, amelyek a II. populáció legtipikusabb képviselői. A csillag periódusváltozásában sikerült még egy négy éves periódust is kimutatni. Eredményeink az intézeti kiadványok 33. számában fognak megjelenni (Balázs és Detre).

VZ Canciról sikerült megállapítani, hogy a fénygörbeváltozás periódusa igen rövid, nem egészen háromnegyed nap (Guman).

A Blasko-effektusról eddig kapott eredmények alapján több igen érdekes általános törvényszerűséget sikerült megállapítani: 1. A fénygörbeváltozást mutató Cepheidák két csoportra oszthatók. Az első csoportban a fénygörbeváltozás periódusa egy napnál rövidebb, a másodikban 30 napnál hosszabb. Az ultrarövidperiódusú

csillagok az első csoportba tartoznak, de ide tartozhat normális periódusú csillag is. 2. A fénygörbeváltozás periódusa és erőssége között kifejezett összefüggés áll fenn: minél hosszabb a periódus, annál kisebbek a fénygörbeváltozások. Ez a korreláció megdönti mindazokat az elméleteket, melyek a fénygörbeváltozásokat két radiális pulzáció szuperpozíciójával magyarázza. Mert a fundamentális periódus mellett valamely radiális felrezgés csak rezonancia révén gerjesztődhet, amikor a fundamentális periódus közel egész számú többszöröse valamelyik felrezgés periódusának. A reláció ezzel szemben azt mondja ki, hogy minél erősebb a kommenzurabilitás, annál gyengébben van gerjesztve a felrezgés. 3. Az első csoport fennállása kizárja azt a lehetőséget is, hogy a fénygörbeváltozásokat a csillag pulzációjának és forgásának kapcsolata okozza, amely zonális pulzációkat hozna létre, mert ilyen rövid periódusok csak rendkívül gyors forgás esetén léphetnek fel és ennek már mutatkozni kellene a spektrálvonalak kiszélesedésében. 4. Ha a fénygörbeváltozásokban két periódus mutatkozik, akkor ezek aránya közel 3. (Detre).

A 60 cm-es reflektoron a fotoelektromos megfigyelések mellett még 163 felvétel készült az M3, M5, M15, M92 gömbhalmazról (Lovas).

Csada folytatta a csillagok belső szerkezetére vonatkozó vizsgálatait. Sikerült kimutatnia, hogy a forgó csillagok belsejében a mágneses térerősségnek a meridián síkjára merőlegesen is van összetevője. Abban az esetben ugyanis, ha ezt az összetevőt elhanyagoljuk, a sebességeloszlás legegyszerűbb határfeltételei sem teljesíthetők. Így Alfven tétele, mely szerint az állandó szögsebességű felületek és a mágneses erővonalak összeesnek, nem helyes.

A Hold által okozott csillagfedések megfigyelését rendszeresen folytattuk és 8 fedésről kapott eredményeket feldolgozás után beküldtük a Nautical Almanac Office-nek (Guman).

II. osztály. A protuberanciákra vonatkozó statisztikai vizsgálatokhoz elkészült 175 általunk szerkesztett újszerű folt-protuberancia héliografikus szinoptikus térképen a foltcsoportok ábrázolása. A munkához szükséges több segédtablázatot elkészítettünk.

Annak megállapítására, hogy milyen kapcsolatok vannak a foltok területeinek változásai, ennek növekedési sebessége, a foltok mozgása és mágnessége között, 614 folt, illetve foltcsoport fejlődési diagrammot készítettünk, kiszámítottuk az 1917—1923 között megfigyelt összes foltok, illetve foltcsoportok sajátmozgásait. Az 1917—1934. években észlelt egynapos foltcsoportokra speciális katalógust kezdtünk összeállítani, amely többek között a Mt. Wilsoni mágneses észleléseket is tartalmazza. A greenwichi kiadványok 1922—1934.

évi észlelési adatait felhasználva 128 diagrammon ábráztuk a Nap centrális meridiánjától 45° -nál nagyobb távolságban először, illetve utoljára észlelt foltcsoportokat (Dezső, Mersits és külső munkatársak).

Egyes napfoltcsoportokon belüli gyorsabb változások vizsgálatára az Intézet fotohéliográfiáján Dezső 107, Gerlei 791, Nagy 427 felvételt készített.

A climaxi protuberancia filmfelvétel kidolgozását tovább folytattuk (Mersits).

A vizuális fotoszféra észlelésekhez 1953 májusában csatlakozott a Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat miskolc-diósgyőri Uránia Bemutató Csillagvizsgálója, ahol Szabó Gyula észlelő-gárdát szervezett. Felhasználjuk az Országos Meteorológiai Intézetnek a Wolf-féle relatívszám meghatározása céljára készülő észlelési rajzait is, mint „nem teljes észleléseket”. 1953 folyamán

a Szabadsághegyen	303 teljes és 26 nem teljes észlelési rajz
Miskolcon	86 teljes és 22 nem teljes észlelési rajz

készült. Az Intézetben készített fotoszféra-rajzok közül 102-t Gerlei, 220-at Nagy készített. A rajzok alapján a foltok és fáklyák pozícióinak meghatározását Mersits végezte. Az eredményeket Dezső két-havonként az *Időjárás* c. folyóiratban közölte.

III. osztály. Az Intézet 16 cm-es refraktorára szerelt 15 cm nyílású Zeiss-kamarával több éjjelen kisbolygók közelítő pozíciójának meghatározására felvételeket készítettünk.

4 éjjelen a 60 cm-es reflektoron az Auriga csillagképben levő 3 fedési kettőscsillagról Herczeg és Lovas több megfigyelést végzett a fotoelektromos fotométeren.

Herczeg hozzákezdett az ADS 102, 8539 és 11 897 vizuális kettőscsillagok pályaszámításához.

Földes és Herczeg hosszabb referátumot írtak O. J. Smidt kozmogóniai elméletéről a *Fizikai Szemle* számára.

Egyéb munkák: A heidelbergi Astronomisches Recheninstitut kérésére 22 kisbolygó pontos pozícióját számítottuk ki régebbi felvételek alapján (Szabó, Ozsváth).

A Magyar Tudományos Akadémia által februárban rendezett Smidt-ankéon Földes tartotta a bevezető előadást és az Intézet kutatói közül Csada, Detre és Herczeg szóltak hozzá.

A budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen Földes és Herczeg, a szegedi egyetemen Izsák és Földes; a debreceni Herczeg látta el a csillagászati előadásokat.

Az Intézet kutatói tevékenyen részt vettek a Társadalom- és

Természettudományi Társulat népszerűsítő és felvilágosító munkájában, sok előadással és ismertető cikkel.

Az Országos Földméréstani Intézet felsőgeodéziai osztályának csillagászati csoportja ez évben is több héten keresztül az Intézet passage-házában földrajzi hosszúságméréseket végzett.

Az Országos Meteorológiai Intézetnek az Intézet területén levő I. osztályú állomásának munkakörét Iváncsik látta el.

Detre László

A BEMUTATÓ CSILLAGDÁK MŰKÖDÉSE AZ 1954 ÉVBEN

Bemutató csillagdánk működésével kapcsolatban legelőször is arról kell megemlékeznünk, hogy évről évre nő az érdeklődés a csillagászat tudománya iránt. Ez az érdeklődés nemcsak abban nyilvánul meg, hogy országszerte egyre többen látogatják az előadásokat és bemutatásokat, hanem abban is, hogy a látogatók a népszerűsítő munka iránt fokozottabb követelményeket támasztanak. Akad ugyan még több látogató, aki először néz távcsőbe és meglepődik azon, hogy nem szélrózsa alakú csillagot lát megnagyítva a távcső látómezejében, de a hallgatóság igen tekintélyes része már rendelkezik alaposabb csillagászati ismeretekkel, a tudomány legújabb eredményeit ismertető színvonalas előadásokat, komolyabb teljesítőképeségű műszerekkel tartott bemutatásokat vár a csillagdáktól és igen sokan maguk is be szeretnének kapcsolódni a megfigyelő szakkörök munkájába.

A bemutató csillagdák fejlesztésénél ezért a legközelebbi feladat nem lehet a csillagdák számának emelése, hanem sokkal inkább a már meglévők munkájának erősítése. Több városunknak megvan az igénye bemutató csillagdára, de a kisebb műszerekkel felszerelt csillagdák, ahol a bemutatásoknak egyedüli programja csak a Hold lehet, csalódást keltenek és nem elégítik ki az igényeket. A hordozható távcsövek természetesen igen jól használhatók az előadások szemléltetésére, de egy kis hordozható távcső még nem „csillagda”. A távolabbi programban minden megyeszékhelyen létesül majd idővel bemutató csillagda, ebben az évben azonban főleg a meglévő csillagdák fejlesztésére törekedtünk.

A bemutató csillagdák száma így 1954-ben csak eggyel szaporodott. A veszprémi csillagászati szakosztálynak juttattunk egy Plössel-féle 20 cm-es refraktort és ennek a műszernek kiváló teljesítő-képessége és az a körülmény, hogy az ottani Nehézevegypari Egyetem adott segítséget ennek elhelyezésére, lehetővé tette Veszprémben bemutató csillagda létesítését. Ugyanekkor a ceglédi járási osztálynak is juttattunk egy 15 cm-es Newton-szerelésű reflektort az előadások szemléltetésére.

A legközelebbi terv a bajai bemutató csillagda megnyitása.

Ennek építkezési munkálatai már befejezéshez közelednek. Az épület és a kupola már elkészült, csupán a belső munkák és a műszerek szerelése van hátra.

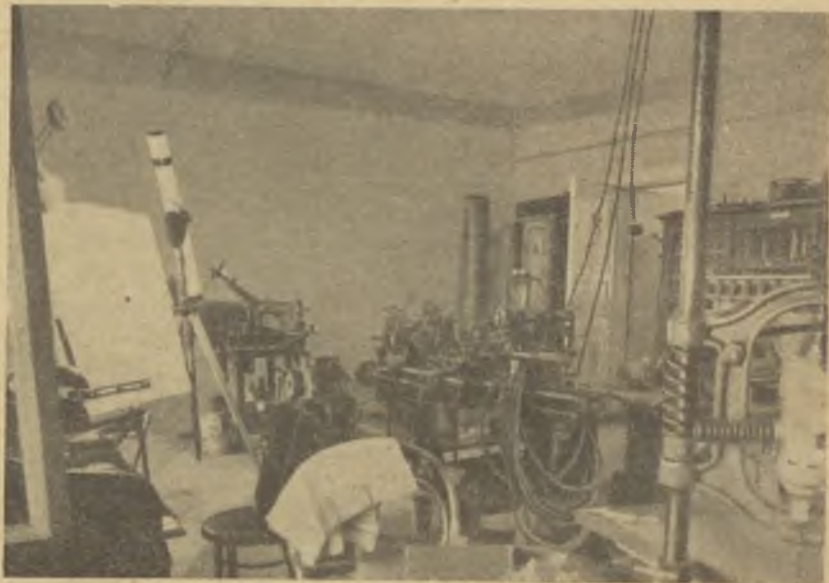
A már meglévő csillagdáknál az előadások színvonalának emelése, a műszerek felújítása volt a fő feladat. Az előadások színvonalá-



1. ábra. A bajai Uránia 1954-ben megépült kupolája.

nak emeléséhez segítséget adott a Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat központi csillagászati és matematikai szakosztálya és az emellett működő Uránia bizottság. A központi szakosztály és az Uránia bizottság tagjai több ízben felkeresték a bemutató csillagdákat, ahol részben előadásokat tartottak, részben útmutatást adtak az előadások tematikájára, a műszerek kezelésére és karbantartására. Az előadáspropaganda színvonalának emelését szolgálja a központi szakosztály *Meteor* című havi értesítője, mely-

nek állandó szerkesztőbizottsága alakult. Főszerkesztője Guman István, az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet tudományos kutatója, a szerkesztőbizottság tagjai; Almár Iván, Kiss Imre, Sinka József, Zerinváry Szilárd. A *Meteor*t az elmúlt évben sikerült olyan formában megjelentetni, amely biztosítja a színvonalasabb cikkekhez megfelelő ábrák közölhetőségét. A bemutató csillagdák népszerűsítő munkája szempontjából komoly nyereség, hogy a budapesti



2. ábra. A budapesti Uránia műhelye.

Uránia vezetését 1954. szeptember 1-től Kulin György vette át, akinek szakmai felkészültsége és a népszerűsítésben való gyakorlata biztosíték nemcsak a budapesti Uránia népszerűsítő munkája fejlesztésének, hanem annak is, hogy a budapesti Uránia patronáló szerepet tölthessen be a vidéki Urániák irányában.

A bemutató csillagdák műszereinek fejlesztése terén nagy eredménynek könyvelhetjük el a budapesti Uránia távcsőépítő műhelyének berendezését. A műhely főbb felszerelési tárgyai: 1 db 500 mm csúcs távolságú vezérorsós esztergapad, 1 db 500 mm csúcs távolságú magasított menettapogató esztergapad, 1 db 1000 mm csúcs távolságú vezérorsós esztergapad, 2 db villamos fűrőgép és 1 tükörcsiszológép 3 fokozatú sebességváltóval. A sebességváltó célja, hogy a durva

és finomcsiszolás, valamint a tükör polírozása megfelelő mozgás-sebességgel történhessen. A gépen 40 cm átmérőig lehet tükröket esiszolni. A tükörcsiszológépet a Rákosi Mátyás Vas- és Féművek Egyedi Gépgyáranak dolgozói készítették társadalmi munkában. A távcsőépítőműhely munkájának irányítására műszaki vezetői állás rendszeresített a budapesti Urániában, amelyre Boldizsár Géza nyert alkalmazást.



3. ábra. A miskolci Uránia 1954-ben megépült kupolája.

A távcsőépítőműhely feladata, hogy valamennyi megyeszékhelyen lévő csillagászati szakosztályt megfelelő teljesítőképességű bemutató távcsővel lásson el. Ezt a munkát a műhely már az év közepén meg is kezdte, amennyiben elkészítette a sorozatban gyártandó távcsövek tervét és megkezdte a mintatávcső építését.

A sorozat-távcsövek Cassegrain-rendszerű, Coudé-távcsöveknek vannak tervezve, és így készül a mintadarab is, amely remélhetőleg az év végéig befejezést nyer. Ennek a rendszernek az az előnye, hogy a kép mindig ugyanarról a helyről, az óratengely végpontjáról szemlélhető. Az okulár magassága kb. 80 cm a földtől, és így a kép kényelmesen, székben ülve figyelhető meg. A távcső eredő gyújtótávolsága 3 m lesz. Így már 10 mm gyújtótávolságú okulárral is

300-szoros nagyítás érhető el. A főtükör átmérője 20 cm lesz. A távcső fényereje így tekintetbevéve a segédtükrökön fellépő fényvesztéseket is, kb. 1 : 16 lesz. Ez a típus bemutatásokra kiválóan alkalmas. Egyetlen nehézség ez idő szerint a hiperbolikus segédtükör megcsiszolása. Remélhetőleg ezt a nehézséget is sikerül szorgalmas szakszerű munkával áthidalni.

A távcsőépítőműhely részére megfelelő hely biztosítása érdekében átrendeztük az Uránia csillagászati múzeumát és ugyanakkor lehetségessé vált az Uránia munkatársai részére új könyvtár- és dolgozószoba berendezése.

Az elmúlt év legkiemelkedőbb csillagászati eseménye az 1954. június 30-i teljes napfogyatkozás volt, melyet hazánkból mint 82%-os részleges fogyatkozást lehetett megfigyelni. A fogyatkozások mindig nagy érdeklődést váltanak ki, de a tavalyi napfogyatkozás esetében ehhez még az is hozzájárult, hogy a dolgozók a sajtó útján értesültek arról, hogy magyar csillagászküldöttség utazott ki a Szovjetunióba a teljes napfogyatkozás megfigyelésére. A Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat csillagászati szakosztályai országsszerte számos előadásban, rádióelőadásban, sajtócikkekben ismertették a napfogyatkozások létrejöttének magyarázatát, a teljes napfogyatkozások megfigyelésének tudományos jelentőségét, a tőlünk megfigyelhető részleges napfogyatkozás lefolyását. A megyei szakosztályok tagjai kimentek a megye területén lévő több községbe is. Élen járt ebben a munkában a Borsod megyei szakosztály, amely 15 községben tartott előadást a napfogyatkozásról. A bemutató csillagdák távcsöves bemutatásokat tartottak, ahol a látogatók a Nap kivetített képén szemlélhették a részleges fogyatkozás lefolyását. A budapesti Uránia napfogyatkozás bemutatásáról a Magyar Híradó és Dokumentumfilmgyár filmet is készített, amelyet a 27. sz. Magyar Filmhíradó keretében vetítettek. Elmondhatjuk, hogy az előadásoknak és közleményeknek sikerült annyira felkelteni a lakosság érdeklődését, hogy akik nem is jutottak el a bemutató csillagdákba, hacsak munkájuk miatt megtehették, legalább kormozott üvegen megfigyelték a részleges fogyatkozást. A Borsod megyei szakosztály leleményessége még azonban a 38/3. építőipari vállalat dolgozóinak is lehetővé tette, hogy munkájuk közben is vessenek egy pillantást a kiflialakúra változott napkorongra, mert 100 db kormozott üveget küldött részükre. A fogyatkozás országsszerte történt megfigyelése újabb tömegek érdeklődését keltette fel a csillagászat iránt és a nagyszámú magyarázó előadás elejét vette, hogy feléledjenek a fogyatkozásokkal kapcsolatos régi babonák az égi jelekről vagy áltudományos következtetések terjedjenek el. Akadt ugyan egy-két híresztelés, mely a tavalyi hűvös nyári idő-

járásért a napfogyatkozást próbálta felelőssé tenni, ez azonban csak szórványos jelenség volt.

Rendkívül nagy sikere volt a napfogyatkozásról szóló több budapesti és vidéki előadás után vetített, az 1952. évi teljes napfogyatkozásról készített színes szovjet filmnek még ott is, ahol csak a fekete-fehér keskeny kópia vetítésére volt mód. A nagy tetszésre tekintettel a filmet a Csillagászati Héten újra műsorra kellett tűzni.



4. ábra. Az 1954. június 30-i napfogyatkozás megfigyelése.

A bemutató csillagdák népszerűsítő munkájának jelentős eseménye volt a Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat által rendezett Csillagászati Hét, amely Budapesten augusztus 30-tól szeptember 5-ig, a vidéki városokban pedig szeptember 6-tól 12-ig tartott. A budapesti Csillagászati Hét azért előzte meg a vidékit, hogy a budapesti szabadsághegyi Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet tudományos munkatársai vidéken is tarthassanak előadásokat. A Csillagászati Héten a hét minden napján csillagászati ismeretterjesztő előadások hangzottak el azokról a témákról, amelyek a közvéleménykutatás szerint a nagyközönséget legjobban érdeklik. A budapesti Csillagászati Hetet Koch Ferenc, a Földrajzi Társulat főtítkára, a Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat országos elnökségének tagja nyitotta meg. Utána

dr. Detre László, az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet igazgatója foglalta össze az utóbbi 4—5 év csillagászati kutatásainak új eredményeit. A Csillagászati Hét következő napjain Zerinváry Szilárd a csillagászat és a mindennapi élet kapcsolatáról, Dala László a világűrhajózásról, Marx György a Nap energiatermeléséről, Herczeg Tibor a csillagok történetéről, Kulin György a Mars bolygóról és Dezső Loránt az 1954. június 30-i teljes napfogyatkozás megfigyeléséről tartottak előadást. Az előadásokat diapozitívek és csillagászati tárgyú filmek bemutatása követte. Az előadások iránt rendkívül nagy érdeklődés nyilvánult meg. Átlagosan 600—700 főnyi hallgatóság jelent meg egy-egy előadáson és kb. 200-an bérletet váltottak és a Csillagászati Hét valamennyi előadásán részt vettek. A fokozott érdeklődést mutatta az is, hogy az előadások után sokszor egy órán át is tartottak a hallgatónak az előadókhoz intézett kérdései. A hallgatóság fejlődésére jellemző, hogy a kérdések zöme a téma egyes részletkérdéseinek behatóbb megismerésére irányult.

Nagy sikerrel zárultak a vidéki városainkban rendezett csillagászati hetek is. Ezek keretében Detre László Szombathelyen, Dezső Loránt Cegléden, Kecskeméten és Szegeden, Herczeg Tibor Pécsen, Zerinváry Szilárd pedig Szegeden és Szombathelyen tartottak előadásokat.

Emelte a Csillagászati Hét előadásainak érdekességét, hogy az előadók közül dr. Detre László, Dezső Loránt és Herczeg Tibor tagjai voltak annak a csillagászküldöttségnek, amely a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának meghívására több hetet töltött a Szovjetunióban. A küldöttség tagjai előadásaikon személyes élményeik alapján beszámoltak az újjáépült pulkovói csillagda ünnepélyes megnyitásáról, a szovjet csillagászat és a szovjet optikai ipar nagymérvű fejlődéséről, a június 30-i teljes napfogyatkozás megfigyeléséről.

A Csillagászati Hét nagyobb szabású előadásain kívül a bemutató csillagdák az év — sajnos a kedvezőtlen időjárás miatt nem nagyszámú — derült estéin rendszeresen tartottak távcsöves bemutatókat és előadásokat a nagyközönség részére. Eredményes munkát végzett ezen a téren a budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló Kiss Imre, majd Kulin György vezetésével. A budapesti Urániát az 1954. évben 21 500 látogató kereste fel. A vidéki bemutató csillagdák közül a miskolci Uránia munkája a legkiemelkedőbb. Szabó Gyula vezetésével 82 előadást és 45 bemutatót tartottak 2724 látogató részére. Emellett 46 szakköri foglalkozást tartottak, amelyeken 1078-an voltak jelen.

Igen jó munkát végzett Kunfalvi András Szegeden, aki segítőtársak hiányában egyedül tartotta a csillagdai bemutatókat és előadásokat, továbbá Magyar János Kecskeméten.

A rendszeres bemutatásokon kívül még ismeretterjesztő előadássorozatok, kiállítások és ünnepélyesebb előadások is hozzájárultak a csillagdak népszerűsítő munkájának fokozásához.

A budapesti Urániában 2 előadássorozatot tartottak, amelyeken az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet valamennyi tudományos munkatársa tartott előadásokat. Az első előadássorozat a csillagászat módszereivel foglalkozott. Népszerűsítő előadásokon rendszerint csak az eredmények közlésére lehet módot találni, de kevesebb szó esik arról, hogy hogyan, milyen módszerekkel érték el a csillagászok



5. ábra. A szombathelyi Uránia Gothard-féle ékfotométere.

ezeket az eredményeket. A hallgatóság így sokszor tájékozatlan marad, hogy mi sorolható a már bebizonyított tények köré és mi esetleg még csak feltevés. Ezeken az előadásokon a hallgatóság képet kapott arról, hogy hogyan lehetséges meghatározni az égitestek távolságát, hőmérsékletét, mozgását, mik azok a bebizonyított tények, amik alapján már biztos következtetéseket tudunk levonni bizonyos csillagfajták korára, fejlődésére. A másik előadássorozat a népszerűsítő munka egy régi adósságának törlesztését kezdte meg, amikor a magyar csillagászat haladó hagyományai, a régi magyar csillagászzal, a magyar csillagászat történetének kiemelkedő alakjaival ismertette meg a hallgatóságot.

Miskolcon Galilei születésének 310 éves évfordulója alkalmával Szabó Gyula tartott ünnepi előadást.

Szegeden a Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat Csongrád megyei szervezete és az ottani Egyetemi Könyvtár június 28-tól 30-ig csillagászati kiállítást rendezett. Tekintettel

a június 30-i napfogyatkozásra, a kiállított anyagban jelentős helyet foglaltak el a nap- és holdfogyatkozást, a Napot, a Napon lejátszódó jelenségeket és a Holdat szemléltető fényképek és rajzok. Emellett a kiállítás érdekességét növelte, hogy az igen jól sikerült holdfelvételeket Kunfalvi András, a szegedi bemutató csillagda vezetője készítette az ottani bemutató távcsővel. A kiállítás vázlatos áttekintést nyújtott még a Naprendszeréről, a Tejútrendszeréről és a külső tejút-rendszerekről. Emellett kiállítottak műszereket, köztük amatőr készítésű lencsés és tükrös távcsövet.

A bemutató csillagdak feladata, a főfeladat, a népszerűsítő munka mellett az is, hogy olyan megfigyelő szakköröket szervezzenek, ahol az érdeklődők tudományos szempontból is hasznosítható megfigyeléseket végezhetnek.

Ilyen munka az elmúlt évben a budapesti, miskolci, egri, békéscsabai csillagdáknak folyt és komoly előkészületek történtek a szombathelyi Urániában a munka beindításához.

A budapesti Urániában a változócsillag megfigyelő szakkör folytatta észleléseit, de a megfigyelési anyag még ez ideig nem került feldolgozásra. Újonnan alakult az okkultációs szakkör, mely csillagfedések megfigyelését vette programjába. Az ionoszféra szakkör új helyiséget kapott és a rádiófadingok erősségének füllel való megbecsülése helyett áttért a műszeres megfigyelés módszerére. A tapasztalat szerint a műszeres megfigyelés lényegesen pontosabb, mint a hallás útján történő észlelés. A szakkör Piret Endre vezetésével már eddig is több érdekes megfigyelést végzett. Tapasztalták, hogy a fading gyakoriság és a napfoltrelatívszám közötti kapcsolat nagyon is szoros. A relatívszám helyett használhatóbbnak bizonyult a zónaszám bevezetése. A zónaszám abban különbözik a relatív-számtól, hogy figyelembe veszi a napfoltoknak a napkorongon elfoglalt helyzetét is. Észlelték az úgynevezett tangens effektust is, amely szerint a napperemre beforduló és a napperemről kiforduló napfoltoknak a vártnál nagyobb hatásuk van bizonyos rádiózavarok előidézésében. Az ionoszféra szakkör által elért eredményeket, amelyekhez felhasználták a békéscsabai és egri észleléseket is, Bartha Lajos és Piret Endre az *Időjárás* c. folyóiratban publikálták.

Igen jó munkát végzett a miskolci Uránia napmegfigyelő szakköre Szabó Gyula vezetésével. A fotoszféra észlelési lapokat rendszeresen beküldték az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet napfizikai osztályának.

A megfigyelő szakkörök részére hálás feladat és jó erőpróba volt a június 30-i részleges napfogyatkozás megfigyelése. Bár a részleges napfogyatkozások észlelésének nincsen komolyabb tudományos jelentősége, a szakkörök részére mégis lehetőséget adott különféle

csillagászati gyakorlatok elvégzésére, az észlelések megszervezésének begyakorlására, fényképfelvételek készítésére, az ionoszféra szakkör pedig néhány érdekes következtetést is vont le a megfigyelésekből.

A budapesti Urániában Bartha Lajos, Fényes István, Hack Frigyes, Horváth György, Jablonczay Attila, Makra Zsigmond, Piret Endre és Török Ervin, az ionoszféra és az okkultációs szakkör tagjai végeztek észleléseket. Megfigyelték a holdkorong be- és kilépésének idejét és a kapott eredményeket összehasonlították a számított értékekkel. Az első kontaktus észlelése a zavaró felhőzet miatt nem sikerült. Mérték emellett az égbolt fényességének és sugárzásának változását, amely méréseket megvilágítás mérővel, illetve az Országos Meteorológiai Intézettől kölcsön kapott thermográffal végeztek el. Vizsgálták a rádióhullámok térerősségváltozását, valamint terjedési viszonyait közép- és rövidhullámon, a vehető távoli adók számát. A megfigyelésekkel sikerült követni a klasszikus eredményeket, amilyen például a térerősség csökkenése, vagy az ionoszféra F_1 rétegének „lustasága”, vagyis hogy nem követi híven az ionizációt létrehozó sugárzásban beálló változásokat. Érdekes eredményre jutottak a terjedési viszonyok vizsgálatánál. A fogyatkozás elején 8 adó volt vehető, a fogyatkozás maximuma idején 20, a fogyatkozás végén a vehető adók száma ismét 8-ra csökkent. A vehető adók száma párhuzamot mutatott a szórt fény luxokban kifejezett intenzitásával. A középhullámú adók a fogyatkozás elején egy kb. 200 km-es körzetben voltak vehetők. Ez a körzet 400 km-re nőtt meg a napfogyatkozás maximuma idején. A vételi körzet alakja ellipszis volt, melynek nagytengelye párhuzamos a totalitás zónájával.

A napfogyatkozáskor fényképfelvételeket készítettek Kiskunfélegyházán, Miskolcon, Szegeden és Szombathelyen.

A szombathelyi Uránia megfigyelő szakköre a napfogyatkozást használta fel, hogy minél tökéletesebben megismerjék műszereiket



6. ábra. Az 1954. júniusi napfogyatkozásról készült felvétel. (Szombathelyi Csillagda.)

és azok használatát elsajátítsák. A szombathelyi Urániába kerültek Gothard egykori herényi csillagvizsgálójának műszerei. Itt van Gothard Jenő 260 mm nyílású és 1967 mm gyújtótávolságú Newton-rendszerű reflektora. A reflektor eredetileg Browning műhelyéből



7. ábra. Fogzó Hold. Künfalvi András felvétele.
(Szeged.)

való, de már Gothard Jenő annyira átalakította hogy alfg hasonlít hajdani alakjára. Ennek vezető távcsöve egy 120 mm nyílású 138 cm fókuszú Merz-féle refraktor. Akromatikus rendszere folytán mind vizuális, mind fotográfiai célokra is használható. A segédműszerek közül említésre méltó a Gothard-féle univerzális spektroszkóp, mely az optika kivitelével teljes egészében Gothard herényi műhelyében

készült. Ugyancsak itt készült a Barlow-lencsés fotokamra és a Gothard-féle ékfotométer. Ez utóbbi a maga idejében a legkorszerűbb műszerek közé tartozott és ilyen fotométereket Gothard több külföldi csillagvizsgálónak is készített.

Ezek a műszerek komolyabb vizsgálatokra is alkalmasak. A napfogyatkozásokor végzett gyakorlatok éppen az erre való felkészülést célozták. Balogh Ottó vezetésével Pomeisl Imre és a szakkör többi tagjai a Newton-reflektor vezető refraktorára szerelt Barlow-lencsés kamrával sorozatfelvételt készítettek a részleges fogyatkozásról. Bár a zavaró felhőzet miatt a felvételeket nem tudták periódikusan készíteni, a felhőnyílásokhoz alkalmazkodva, a Browning-zárral 1—2 század másodpercet exponálva mégis sikerült néhány igen jó felvételt készíteni. Felszerelték a távcsőre a Gothard-féle spektroszkópot is. Az erős felhősödés a spektroszkópai tanulmányokat is zavarta, de sok értékes tapasztalatra tettek szert. Végeztek ezenkívül fotometriai megfigyeléseket is.

Összegezve az eddigieket, megállapíthatjuk, hogy bemutató csillagdáink érték el eredményeket mind a népszerűsítő, mind a szakköri megfigyelő munkában. Nem kétséges azonban, hogy még sok tennivaló van a működő csillagdák munkájának megjavítása terén. Pártunk III. kongresszusának határozatai irányt mutattak a népszerűsítő munka színvonalának emelésére is. A bemutató csillagdák ismeretterjesztő munkája fejlesztésének útját is ez irányelvek szabják meg. A Pártkongresszus határozatai értelmében tudományos színvonalú, de mindenki által érthető, érdekes előadásokat kell tartanunk, következetes harcot folytatva az áltudomány, a vulgarizálás ellen. Meg kell mutatni, hogy a csillagászat is az emberért van, a társadalom érdekeit szolgálja. Csillagászati előadásaink gyakran csak a téma érdekességét mutatják be, de tájékozatlan marad a hallgatóság, hogy mi ezeknek a kutatásoknak a célja, mi haszna van ebből a társadalomnak. A Pártkongresszus határozatai arra is rámutatnak, hogy nagyobb súlyt kell helyezniünk haladó hagyományaink, kiemelkedő tudósaink ismertetésére. A csillagászati előadásokat ezen a téren is sok mulasztás terheli. Hazai haladó hagyományainkról már volt jelen beszámolóban szó, de a külföldiek közül is csak Kopernikusz és kortársairól tettünk említést előadásaink során. A jelenlegi magyar csillagászati kutatásokról pedig épenséggel nem tájékoztattuk a hallgatóságot. Mindezen hiányosságok kiküszöbölésével és a bemutató csillagdák műszereinek, szemléltető eszközeinek fejlesztésével érhetjük el, hogy csillagdáink valóban a nagyközönség által kedvelt és gyakorta felkeresett központjaivá váljanak a csillagászat népszerűsítésének.

Róka Gedeon és Sinka József

A PULKOVÓI VÁLTOZÓCSILLAG-KONFERENCIA (1954. MÁJUS 24—26)

A Szovjet Akadémia Csillagászati Tanácsának Változócsillag Szakosztálya az újjáépült pulkovói csillagvizsgáló megnyitási ünnepsége idején tartotta 11-ik konferenciáját. A konferenciát május 24-én este 6 órakor *Mihajlov*, a pulkovói csillagvizsgáló igazgatója nyitotta meg a Leningrádi Akadémia Tudósok Házában. Utána *Ambarcumján* tartotta meg bevezető előadását „A nem stacionárius csillagok és a kozmogóniai problémák” címmel.

Ambarcumján bevezetésül felsorolta a változócsillagok típusait:

1. *Pulzáló csillagok* (klasszikus Delta Cephei-, RR Lyrae- és hosszú periódusú csillagok).

2. *Robbanó csillagok* (Szupernovák, novaszerű csillagok, SS Cygni és UV Ceti, vagy flare-csillagok).

3. *Keletkezésben levő csillagok*. Ezek olyan csillagok, amelyeknek állapothatározói azért változnak, mert nemrég keletkeztek és még nem kerültek egyensúlyi állapotba. (Mű Cephei-típusú változók, M, N, S színképtípusú szuperóriás csillagok, változó óriáscsillagok, T Tauri és Béta Cygni-csillagok.)

Ezen csoportokba beoszthatók olyan nem stacionárius csillagok is, amelyeket nem soroznak a változócsillagok közé, mert nem mutatnak fényváltozást.

Ambarcumján a továbbiakban a 2. és 3. csoport, kis abszolút fényességű, folytonos emissziót mutató csillagaival foglalkozott. A folytonos emisszió különösen jellemző az UV Ceti-csillagok kitöréseire. A kitörések alkalmával a folytonos emisszió nem termikus eredetű, hanem a légkör külső rétegeiben ered. A T Tauri-csillagok színképében a folytonos emisszió az abszorpciós vonalak elfátyolosságában mutatkozik.

Igen sok T Tauri-csillag üstökösszerű, folytonos színképet mutató köddel áll összeköttetésben. Némely esetben nem lehet a köd fényét azzal megmagyarázni, hogy a csillag fénye szóródik a ködöt alkotó részecskéken. Az üstökösszerű ködök fényváltozása, néha váltakozó eltűnésük és újra megjelenésük azt mutatja, hogy ebben az esetben is ugyanolyan folytonos, bár gyenge emisszió jelenik meg,

mint az UV Ceti- és a T Tauri-csillagok esetében. Ambarcumján azt az érdekes hipotézist állította fel, hogy ezt a folytonos emissziót a csillagok légkörében, vagy a szomszédos térben jelenlévő mágneses mezőben a fénysebességhez közelálló sebességgel mozgó, ún. relativisztikus elektronok hozzák létre. Szerinte az elektronok óriási sebessége nem valami gyorsító mechanizmustól származik, amely a csillagokban, vagy körülöttük volna jelen, hanem e csillagok alsó rétegében még nagy mennyiségben meglévő presztelláris anyaggal függ össze. A relativisztikus elektronok a presztelláris anyagoknak a csillagok belsejéből való kidobásakor keletkeznek. Feltehető, hogy ugyanaz a folyamat a fotoszféra alatt is jelentős energiadisszipációt okozhat. Ebben az esetben a csillag termikus sugárzása megnövekedik és fényváltozását nem követi az abszorpciós vonalak elfátyolodása. A T Tauri-csillagok esetében ilyen fényváltozást is gyakran megfigyelnek.

Ambarcumján végül röviden kitért arra, hogy ezek a folyamatok milyen szerepet játszhatnak az SS Cygni-csillagoknál, továbbá, hogy milyen kozmogóniai jelentőségük van a Mű Cephei- és másfajta szabálytalan változóknak.

Sklovszki a „Szupernovák gyakorisága a Tejútrendszerben” címmel tartott előadást. Szerinte az eddigi becslés, miszerint a Tejútrendszerben 200—300 évenként jelenik meg egy szupernova, túl alacsony. A rádiócsillagászat segítségével meg lehet állapítani, hogy a régi krónikákban feljegyzett novákból hány volt szupernova, mert a régi szupernovák helyén ma rádiócsillagokat észlelhetünk. Ilyen módon megállapítja, hogy az utolsó 2000 évben feljegyzett novák közül 7 volt szupernova. Minthogy szabad szemmel csak a Tejútrendszer közeli részében megjelent szupernovákat lehetett megfigyelni, durva becsléssel kiszámítja, hogy az egész Tejútrendszerben átlagban minden 20—30 évben tűnik fel egy szupernova. Ez arra mutatna, hogy a Tejútrendszer a szupernovák gyakoriságában a kivételes csillagrendszerek közé tartozik. Az előadásról meg kell állapítani, hogy a felhozott érvek nem valami meggyőzőek.

Igen érdekes volt Kukarkin előadása: „Csillagképződés a Tejútrendszer szférikus komponensében”. Eddig általánosságban azt a nézetet fogadták el, hogy a II. populációjú csillagok keletkezése már rég megszűnt. Kukarkin még 1952-ben felhívta a figyelmet arra, hogy több jelenség mutat az RR Lyrae-csillagok jelenlegi képződésének lehetőségére (például az, hogy e csillagok jelentős hányadának sebessége hiperbolikus), bár a II. populációjú csillagok általában régebbiek, mint az I. populációjúak. Most újabb bizonyítékokat sorolt fel ennek az állításnak igazolására. Így megállapította, hogy a II. populációjú Mira-csillagok csoportokban lépnek fel. Is-

merve a Mira-csillagok sebességeloszlásának diszperzióját, ki lehet számítani, hogy ezek a csoportok nem képződhettek egymillió évnél régebben. Sőt, mivel a Mira-csillagok túlnyomó része ilyen csoportokban lép fel, azt is ki lehet mondani, hogy valamely csillag a Mira-állapotban nem maradhat egymillió évnél tovább. Minthogy Mira-csillagok gömbhalmazokban is találhatóak, ez azt jelenti, hogy gömbhalmazok is kialakulhatnak még jelenleg.

Azokban a gömbhalmazokban, ahol Mira-csillagok vannak, az RR Lyrae-változók vagy teljesen hiányoznak, vagy ha vannak, periódusuk hosszú, 0,7 nap körül van. Ebből arra következtet, hogy az RR Lyrae-csillagok a gömbhalmazokban a fejlődés későbbi stádiumában lépnek fel és a legelőször megjelenő RR Lyrae-csillagok 0,7 nap periódusúak.

Minthogy gömbhalmazokban nincs intersztelláris gáz vagy por, a presztelláris anyag itt egészen más lehet, mint az I. populációjú csillagok esetében.

Kopilov újra diszkutálta a novaszzerű és a novacsillagok amplitúdója és két egymásra következő kitörésük időintervalluma közti összefüggést, majd Boneff (Szófia) a Naprendszer keletkezése és a változócsillagok közötti összefüggésekről beszélt.

A konferencia május 26-án délelőtt 10 órakor a pulkovói csillagvizsgáló konferencia-termében folytatódott. Kukarkin általános összefoglaló előadást tartott a változócsillagok vizsgálatának általános problémáiról. A Változócsillag Szakosztály legutóbbi ülése (1951) óta a Szovjetunióban háromszor annyi tudományos közlemény jelent meg, mint a megelőző három évben. Az *Általános Változócsillag Katalógushoz* négy kiegészítő kötetet publikáltak. Mindez azt mutatja, hogyan nő az érdeklődés a Szovjetunióban a változócsillagok problémái iránt.

Ezzel szemben igen sajnálatos, hogy a világ egyik legaktívabb csillagvizsgálójában, a Harvard obszervatóriumban, majdnem teljesen beszüntették a változócsillagok kutatását.

Az utolsó három évben a Szovjetunióban óriási mértékben kibővült a változócsillagok vizuális, fotografikus és fotoelektromos megfigyelése. A rendelkezésre álló anyag alapján ma már lehetséges minden 12 magnitudónál fényesebb változócsillag vizsgálata — 30 deklinációtól északra. Amellett a szovjet csillagászok kiépítettek a külföldi csillagdákkal való kooperációt.

A változócsillagok vizsgálatának a következő fő célokat kell követni: 1. A csillagrendszerek szerkezetének és fejlődésének megismerése. 2. A csillagok szerkezetének és fejlődésének megállapítása. E problémákkal kapcsolatban különösen fontosak a következő kutatások:

1. A déli égre folytatni kell a változócsillagok szisztematikus vizsgálatát.

2. Az északi ég változócsillagainak vizsgálatában nagyobb kooperációra van szükség.

3. Gyengefényű változócsillagoknak speciális égrészekben való szisztematikus megfigyelését a Tejútrendszer problémáinak megoldása céljából szintén jobban kellene megszervezni.

4. Revidiálni kellene az amatőr egyesületek munkaprogramjait. Az Amerikai Amatőr Egyesületnek arra kellene törekedni, hogy megfigyelje az összes fényesebb Mira-csillagokat.

5. Szisztematikusan kellene megfigyelni a gömbhalmazokban és a legközelebbi csillagrendszerekben levő változó csillagokat. Különösen fontos volna ezen vizsgálatok egybekapcsolása a csillagrendszerekre vonatkozó morfológiai vizsgálatokkal.

6. Igen fontos volna a változócsillagok fényváltozásának és spektrális tulajdonságainak egyidejű megfigyelése. Meg kellene szüntetni azt az állapotot, hogy a déli ég változócsillagairól jóformán kizárólag csak fénygörbék állanak rendelkezésre.

7. A fotoelektromos módszerekkel megfigyelő kutatók ne csak fedési kettőscsillagokra specializálják magukat, hanem éppen olyan nagy figyelmet szenteljenek a fizikai változócsillagoknak. Ugyanez áll a fotoelektromos kolorimetriára.

8. Igen fontos lenne minél több változócsillag saját mozgásának meghatározása is.

Az előadások után következtek az egyes csillagvizsgálók beszámolói az ott folyó változócsillag kutatásokról. *Batyirev* a rosztovi, *Erlekszova* a sztalinabadi, *Hoffmeister* a sonnebergi, *Kapko* a lvóvi, *Detre* a budapesti, *Magalakvili* az abasztumani, *Matyjejev* a kujbisevi, *Oosterhoff* a leideni és johannesburgi, *Cesszevics* pedig az ogyesszai csillagvizsgáló munkásságáról számolt be.

Az ülések Pulkovóban délután 3 órakor folytatódtak. *Strelkova* a hosszúperiódusú Mira-változók színindexéről beszélt. Az ogyesszai csillagvizsgálóban 16 ilyen csillag színindexét határozták meg, és további 13 csillagról más oldalról álltak rendelkezésre adatok. A színindex-változások szempontjából három különböző csoportot lehet megkülönböztetni. 12 csillagnál a színindex egyidejűleg változik a fényességgel, kis fáziseltolódással. 8 csillagnál a fáziseltolódás fél periódus, míg további 9 csillagnál a színindex alig változik.

Cesszevics az RV Tauri típusú csillagokról tartott előadásában kimutatta, hogy ezek a csillagok a legnagyobb ismert csillagok közé tartoznak.

Detre a Blaskó-effektusról tartott előadást. Blaskó-effektusnak az RR Lyrae-csillagoknál mutatózó periódikus fénygörbe-változaso-

kat nevezik. Erről a témakörrel az utóbbi években nagy megfigyelési anyag gyűlt össze a szovjet csillagvizsgálókban, Leidenben, Cordobában és a budapesti csillagvizsgálóban. Ez a részben még nem publikált anyag lehetővé teszi bizonyos általános törvényszerűségek kimondását. Ezek közül a legérdekesebb az, hogy minél hosszabb a fénygörbe-változások periódusa az alapperiódushoz képest, annál kisebbek a fénygörbe-változások. Emiatt nem lehet a Blaskó-effektust két radiális pulzáció interferenciájaként felfogni. A legújabb budapesti megfigyelésekből kiderült, hogy a Blaskó-effektus amplitudója változik, éspedig szintén periódikusan. Ezt eddig két csillagnál, RW Draconisnál és VZ Cancrinél sikerült kimutatni. A legnagyobb fénygörbe-változás AC Andromedae-nél mutatkozik. Erről a csillagról az irodalomban a legellentétebb nézetek uralkodtak, de *Guman* mintegy 8000 felvétel alapján kimutatta, hogy a csillag csak az amplitudóváltozások nagyságában különbözik a többi Blaskó-effektust mutató csillagtól. Amíg eddig aránylag csak rövid periódusú Blaskó-effektusokat ismertek, a már két évtizedre visszanyúló homogén budapesti anyag alapján ki lehetett mutatni, hogy RR Lyraenél a hosszúperiódusú (10 év kb.) periódusváltozások is igen kicsi fénygörbe-változásokkal járnak. Sőt RR Leonis 33 éves egyenlőtlenségéről is kiderült *Balázs* megfigyelései alapján, hogy a feloszálló ág meredeksége változik ezzel a periódussal, éspedig ugyanolyan értelemben, mint a rövidebb periódusú Blaskó-effektusok esetében. Újabb nagyobb fotoelektromos anyagot sikerült kapni az SW Andromedae rendellenes RR Lyrae-csillagról, mely minden valószínűség szerint I. populációjú. A megfigyelések szerint ennél is mutatkozik Blaskó-effektus, de annak lefolyása lényegesen más, mint a II. populációjú RR Lyrae-csillagok Blaskó-effektusa. Érdeemes volna megvizsgálni ebből a szempontból a Mira-változókat, hogy vajjon az ezeknél is rendszeres fénygörbe-változások nem különböznek-e a populációk szerint.

Május 26-án ismét a Leningrádi Tudósok Házában voltak az ülések. Délelőtt több olyan programon kívüli előadás hangzott el, melyeknek témája nem tartozott a változócsillagokhoz. *Oort* (Hollandia) beszámolt a leideni csillagdának a 21 cm-es hidrogénsugárzás felhasználásával a Tejútrendszer spirális szerkezetére vonatkozó rendkívül érdekes vizsgálatairól. A kutatások egy év múlva a jelenleginél sokkal nagyobb berendezéssel fognak folytatódni, mert addigra elkészül az új 25 méter átmérőjű rádiótávcső. *Chalonge* (Párizs) spektrálfotometriai vizsgálatairól számolt be, *Nassau* (USA) pedig ismertette a Warner Swasey obszervatórium Schmidt-teleszkópjával a késői spektráltípusú csillagokra vonatkozó vizsgálatokat.

Délután folytatódtak a változócsillagokra vonatkozó előadások.

Martinov hosszabb referátumot mondott a fődési kettőscsillagokról, majd Cesszevics Béta Lyrae spektrumáról beszélt. Icsenko a fődési kettősök minimumának időpontját az eddigi módszereknél pontosabban képes meghatározni.

Terrazas (Mexicó) beszámolt a tonantzintlai obszervatórium-ban a flare-csillagokról végzett vizsgálatokról. A flare-csillagok száma ezek szerint lényegesen nagyobb, mint eddig hitték, az Orion csillagképben például 1 négyzetfokon belül öt új flare-csillagot találtak.

Holopov az Alfa 2 Canum Venaticorum típusú csillagokról beszélt. Ezzel az elnevezéssel olyan csillagokat jelölnek meg, amelyek fényváltozásával párhuzamosan az A-típusú színképükben a szilícium, stroncium, króm és ritka földfémek vonalainak intenzitása is változik. A fényváltozás amplitudója ritkán haladja meg az 0.1 fényrendet. A periódusuk 1 és 25 nap között van. Eddig 6 ilyen csillagot ismerünk. Kettőnél igen erős mágneses mező figyelhető meg, amely szintén periódikusan változik. A csillagok némelyikét eddig a Béta Canis Maioris típusú csillagok közé sorozták, de lényeges különbségek vannak a két csoport között, úgyhogy feltétlenül a változócsillagok egy új osztályáról van szó.

Legvégül O. Struve (Berkeley, USA) *Béta Canis Majoris típusú csillagok* című dolgozatát olvasták fel. Jelenleg 10 ilyen csillagot ismerünk. Ezek spektráltípusa mind B1 vagy B2. Karakterisztikus rájuk, hogy a fénymaximumuk $\frac{3}{4}$ periódussal a radiális sebesség minimuma előtt következik be. Így a maximális fényesség éppen akkor van, amikor a csillag a legkisebb. Nincs meg tehát a Cepheidákra jellemző $\frac{1}{4}$ periódusú eltolódás.

Ezekre a csillagokra is érvényes egy periódus-spektrum reláció, de ez más jellegű, mint a Cepheidáknál. Statisztikai meggondolásokból Struve arra a következtetésre jut, hogy minden főág felett levő B1-2 típusú csillag Béta Canis Majoris típusú változócsillag, de némelyikük pulzációja észrevehetetlenül kicsi.

A 10 csillag közül négynek van egy második periódusa is.

Ezután részletesen kitért a spektrálvonalak változásaira. A legjellemzőbb a vonalak szélességének változása. Ezt nem lehet egészen sem pulzációval, sem a rotációval megmagyarázni. A csillagok elmélete tehát még nagyon hiányos.

Az előadás után Oosterhoff, mint a Nemzetközi Csillagászati Unió főtítkára, megköszönte a konferencia rendezőségének a meleg vendéglátást, majd Kukarkin elnök a konferenciát bezárta.

A konferencia menetét a nyelvi nehézségek kissé vontatottá tették. Az orosz nyelvű előadásokat angolra vagy franciára, a nyugati nyelven tartott előadásokat pedig oroszra fordították. Így min-

den előadás az előrelátottnál hosszabb időt vett igénybe, különösen ha az előadó és fordító között félreértések voltak. Emiatt a program egy részét el kellett hagyni. Különösen sajnálatos, hogy így elmaradt az utolsó ülés egész tervezett programja, az organizációs kérdések megbeszélése.

Detre László

BESZÁMOLÓ A SZOVJETUNIÓ NÉHÁNY CSILLAGÁSZATI INTÉZMÉNYÉRŐL

1954 május 18-án, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának meghívására kilenctagú magyar tudományos delegáció utazott Moszkvába. A küldöttséget június 14-ig Hajós György akadémikus, az ő visszautazása után pedig Jánossy Lajos akadémikus vezette, a delegáció tagjai között hat csillagász volt. A magyar delegációnak két fő programja volt: május 20-a és 26-a között részt vett a pulkovói csillagvizsgáló ünnepélyes megnyitásán és ezt követő tudományos megbeszéléseken, később pedig az 1954 június 30-i teljes napfogyatkozás megfigyelésében.

A mintegy két hónapi ott tartózkodás alatt azonban módunkban volt néhány fontos csillagászati intézmény munkájával is megismerkedni. A következőkben tehát beszámolunk a csillagászat iránt érdeklődőknek a pulkovói csillagvizsgálóról és annak ünnepélyes újra-megnyitásáról, a kiszlovodszki magaslati állomásról, a leningrádi Elméleti Csillagászati Intézetéről, a moszkvai Sternberg Intézetéről és végül a moszkvai planetáriumról.

A pulkovói csillagvizsgáló

1839-ben kezdte működését, és hamarosan Európa egyik leghíresebb csillagászati intézete lett. A múlt század második felében Gould amerikai csillagász egyenesen „az asztronómia fővárosának” nevezte el. Ebben a sokoldalúan felszerelt obszervatóriumban, az orosz tudomány egyik fellegrárában, olyan kitűnő csillagászok működtek, mint — csak néhány nevet említve — V. J. Sztrove, az intézet első igazgatója, a pozíciós csillagászat világhírű művelője; Bregyihin, az üstökösök fizikájának nagy ismerője (bár ő csak néhány esztendeig); Belopolszkij, az asztrofizika és a csillagászati spektroszkópia egyik úttörője; Baklund, az „alkalmazott” égi mechanika és fundamentális asztrometria egyik vezetője; G. A. Tyihov, a csillagászati kolorimetria egyik megalapozója (akinek újabban a Mars felszíni alakzataira vonatkozó vizsgálatai váltak ismertté); Ganszkij, a fiatalon elhunyt jönevű napfizikus, és még sokan mások.

A pulkovói obszervatórium elsősorban pozíciós csillagászati munkájával vívott ki vezető szerepet. A pulkovói meridián-műszerekkel végzett híres pontosságú mérések, az itt kiadott csillagkatalógusok és a 15 hüvelykes refraktoron végzett kettőscsillag észlelések, nemkülönben azonban Belopolszkij spektroszkópai észlelései a 30 hüvelykes nagy refraktorral, mind-mind a csillagászat fontos eseményeit jelentették. A századfordulótól kezdve pedig erősen kifejlesztették Pulkovóban — különösen az Októberi Forradalom után — a napfizikai kutatásokat is.



A pulkovói csillagvizsgáló régi főépülete.

A pulkovói obszervatóriumhoz tartozott még a nyikolajevi észlelőhely, valamint a szimeizi fiók-obszervatórium, mindkettő a Fekete-tenger partján. (A szimeizi obszervatóriumból alakult ki a ma már önálló krími csillagvizsgáló, amelyik jelenleg a Szovjetunió legnagyobb fényerejű távcsövével, 120 cm-es reflektorral rendelkezik.) Feltétlenül meg kell még említenünk a pulkovói intézet nagyszerűen felszerelt laboratóriumait és a könyvtárat, amely a világ legnagyobb csillagászati könyvtára volt.

A nagymúltú pulkovói csillagvizsgálót azonban 102 évi szüntelen intenzív munka után, az 1941—44-es leningrádi blokád idején a náci hadsereg tüzérsége barbár módon elpusztította. Az obszervatórium helyét csak néhány üszkös falmaradvány jelezte. Elpusztult (az objektív kivételével) a 30 hüvelykes nagy refraktor és a könyv-

tár nagy része szintén áldozatul esett. A kisebb műszerek többségét ugyan megmentették és sikerült megmenteni a könyvtár legértékesebb darabjait is. A szovjethatalom még a háború befejezése előtt elhatározta, hogy újjáépíti az úgyszólván teljesen elpusztult nagy obszervatóriumot. Néhány év elteltével, a 40-es évek végén már megindult a tudományos élet a pulkovói dombon és az újjáépítést az



A főépület romjai a front elvonulása után.

elmúlt esztendőre gyakorlatilag be is fejezték. Még mindig folyik ugyan újabb műszerek felállítása, lényegében véve azonban az obszervatórium valamennyi tervezett kutatása folyamatban van. Így 1954 májusában elérkezett az ünnepélyes megnyitás napja is.

A megnyitás valóságos nemzetközi tudományos konferencia jegyében folyt le. A Szovjetunió Tudományos Akadémiája lehetővé tette, hogy nagyszámú külföldi csillagász ismerkedhessék meg az obszervatórium munkájával, ilyen módon a megnyitóünnepség és a tudományos konferenciák különböző országok tudósainak nagyjelentőségű találkozásiává váltak.

Az ünnepélyes megnyitás

május 20-án történt, az Akadémia Néva-parti házában. Képviselve volt természetesen valamennyi szovjet csillagvizsgáló intézet és igen sokan részt vettek a rokontudományok, a fizika, matematika, geofizika stb. képviselői közül is.

A magyar küldöttségen kívül kilenc tagból álló kínai delegáció jelent meg *Hua Lo-keng* akadémikus vezetésével, (később a kínai küldöttség vezetését *Csang Jü-cse*, a nankingi obszervatórium igazgatója vette át), továbbá háromtagú csehszlovák delegáció, *Buchar* professzor vezetésével, négytagú lengyel küldöttség, élén *Rybka* wroclawi professzorral, kéttagú küldöttség Bulgáriából, illetve Romániából (vezetőjük *Bonev*, illetve *Dimitrescu* professzor volt), végül háromtagú delegáció a Német Demokratikus Köztársaságból, *C. Hoffmeisternek*, a sonnebergi obszervatórium igazgatójának vezetésével. Nagyszámban jelentek meg nyugati országokból is a csillagászat képviselői, közöttük olyan jelentős tudósok, mint például *Oort*, *Minnaert* és *Oosterhoff* (a Nemzetközi Csillagászati Unió titkára) Hollandiából, *Danjon* Franciaországból, *Lindblad* Svédországból, *Dirk Brouwer* az Egyesült Államokból, *Mc Clenahan* Kanadából, *Cowling* és *Sadler* Angliából, *Terrazas* Mexikóból és sokan mások.

A május 20-i, délutáni megnyitótűlésen a Szovjetunió Tudományos Akadémia részéről Bargyin akadémikus, az intézet részéről annak igazgatója, Mihajlov akadémiai levelezőtag tartott ünnepi beszédet. Utána a résztvevők megtekintették a pulkovói könyvtár büszkeségeiből és a szovjet csillagászat kiadványaiból rögtönzött kiállítást. Másnap délelőtt, már Pulkovóban, az obszervatórium területén, az impozáns, hatalmas, márvánnyal és malachittal díszített előadóteremben folytatódott az ünnepség. A szovjet csillagvizsgálók küldöttei és a külföldi delegációk vezetői mondták el ekkor üdvözlő beszédeiket, majd a délután folyamán a látogatók három csoportra osztva megtekintették az obszervatóriumot. A következő napon, ismét Leningrádban öt előadás hangzott el, amelyeket a csillagvizsgáló osztályvezetői tartottak, beszámolva az intézet egyes kutatási területeiről. Így *Zverjov* a meridián csillagászat eredményeiről, *Melnyikov* a spektroszkópiai kutatásokról, *Pavlov* a pontosidő-szolgálatról. *Dejcs* a stellárasztronómiai vizsgálatokról, végül *Krat* a pulkovói napfizikai kutatásokról tartott rövid összefoglalást.

Ezt követték május 24 és 26-a között a tudományos konferenciák. Két konferencia folyt párhuzamosan, egy a változócsillagokról, egy pedig az asztrometriáról. Mindkettőt a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának megfelelő bizottsága rendezte (és mindkét konferencia e bizottságok 11. tudományos ülésszakát jelentette). Az egyes értekezletek felváltva Pulkovóban és a leningrádi Tudósok Házában

voltak. A magyar csillagászok többsége a változócsillag konferencia értekezletein volt jelen, ezen tartott előadást a magyar delegáció egyik tagja, Detre László is. A változócsillag konferencia megbeszéléseiről a *Csillagászati Évkönyv* egy másik cikke számol be.

Az asztrometria konferencia főképpen a halvány csillagok katalógusának összeállításával foglalkozott és a fundamentális csillagá-



A magyar delegáció hét tagjáról a konferenciák befejezése után készült csoportkép. (Ketten közülünk távol voltak a kép készítésekor; balszáron Otto Singer, az NDK delegációjából, Hajós professzor mellett a magyar küldöttséghez beosztott tolmácsnő.)

szat koordináta-rendszerének az extragalaxisok segítségével történő rögzítésének kérdésével. A legfontosabb referátumot talán Zverjov tartotta, a halvány csillagok katalógusára vonatkozó pulkovói munkák vezetője. A további előadások — többek között — a meridián-csillagászat külföldi eredményeiről számoltak be (*Dick, Brouwer, Danjon, Sternberk*), majd a földforgás egyenletlenségeiről (*Parijszkij*), a fényes csillagok koordinátáinak abszolút észleléséről (*Nemiro*), a kisbolygók észlelésének jelentőségéről (*Jahontova*), a szovjet szélességi szolgálatról (*Fedorov*), végül néhány fontos pulkovói műszert ismertettek. (*Mihajlov, Linnyik, Pavlov* stb.)

Az obszervatórium felszerelése

lenyűgözően sokoldalú; „megismerésére” sajnos mindössze három-négy óra állt rendelkezésünkre. Mi sem jellemzőbb, mint éppen az a körülmény, hogy három-négy óra alatt alig-alig tudtuk, csak felületesen is, végigjárni az obszervatórium műszereit. Így bizony inkább csak impressziót szerezhettünk a pulkovói obszervatórium működéséről.



*Az újjáépült obszervatórium főépületének látképei: a) a bejárat felől,
b) az észlelő-pavilonok felől.*

A híres csillagvizsgáló Leningrád középpontjától (a Téli Palotától) 18 km-re délre fekszik, a tenger színe fölött 75 m magasságig emelkedő dombon. A Leningrádból Pulkovóba vivő műút, amelyik nyilegyenesen szinte nekivezet az obszervatórium főépületének, majdnem pontosan a helyi meridián mentén halad. A műúton közeledve, messziről, a dombon hosszan elnyúló hatalmas kupolájú főépület némileg emlékeztet a régi budai várpalotára. Az obszervatórium területéről pedig felejthetetlen látványt nyújt, különösen a késődelutáni órákban a távoli, párás horizont mentén a nagyváros aranyosan csillogó háztetőrengetege.

A pulkovói obszervatórium személyzete jelenleg — az aspiránsokkal együtt — mintegy 120 fő, de a létszám még növekedni fog, amint további, újabb műszereket helyeznek üzembe. A kutatók közül igen sokan vesznek részt, mint professzorok vagy megbízott elő-



A pulkovói nagy passzázs műszer.

adók az egyetemi oktatásban, így az egyes tanszékek és a csillagvizsgáló között szinte „perszonális unió” alakult ki. Ez megfelel a pulkovói intézet hagyományainak: ebből a csillagvizsgálóból kerültek ki, itt kapták tudományos képzésüket évtizedeken át az orosz geodéták és hadmérnökök legjobbjai.

Az újjáépített csillagvizsgáló műszerállományára jellemző, hogy

a múlt századból fennmaradt, klasszikus műszerek (a nagy passzázs-műszer, vertikális-kör, normál-asztrográf, zenit-távcső) mellett nagyszámú egészen új típusú konstrukcióval találkozunk. A régi műszerek közül a nagy passzázs-műszeren a csillagok rektaszcenziójára vonatkozó abszolút méréseket folytatják, a vertikális-körön pedig a csillagok deklinációjának abszolút meghatározása folyik. Ezek a munkák egyidőben fogják adni a fényes csillagokra vonatkozó fundamentális pozíciós adatok igen nagy részét, a nevezetes pulkovói katalógusok anyagát. A normál-asztrográf átmérője 34 cm, nyílászövege 1/10, 25 cm-es vizuális vezetővel van felszerelve. Programja ma elsősorban Kosztjinszkij századeleji felvételeinek megismétlése, sajátmozgások meghatározására, valamint holdfotográfiák készítése a Hold mozgásának pontosabb követésére. A zenit-távcsővel a pólusingadozást vizsgálják. Ezen a távcsövön nyerték e kérdés tanulmányozásához a leghosszabb homogén észleléssorozatot.

Az új konstrukciójú műszerek közül nevezetesebbek a következők:

A Szuharev-féle *horizontális meridián-műszer*. Ennek alapvető része egy sík fémtükör, mely vízszintes tengely körül forgatható. Ez a tükör a csillagok fényét a tőle északra, illetve délre elhelyezett két rögzített távcső egyikébe irányítja. A meridián műszerekben szokásos, forgatható csőnek mozdulatlan cső és forgatható tükör kombinációjával való helyettesítése minimálisra csökkenti a műszer egyes részeinek meghajlásából származó hibát; ezenkívül a megfigyelések regisztrálása is egyszerűbbé és pontosabbá válik.

A Mihajlov-féle *polárcső* tulajdonképpen egy nagy fotografikus teleszkóp (az objektív átmérője 20 cm, fókusz távolsága 6 m). E cső mozdulatlanul, rögzítve van felállítva, az északi pólus irányában. A Föld forgása következtében a pólushoz közeleső csillagok képei hosszabb (például 30 mp-es) expozíció esetén körívek lesznek, amelyeknek közös centruma a pólus. A pólus helyzete az éggömbön tehát meghatározható és megállapítható (az expozícióknak például 20 percenként való megismétlésével) a pólus helyzetének változása is. Ilyen módon pontosan megállapítható az aberráció állandója és a nutáció rövid periódusú tagjának állandója. A polárcső zárt térben van felállítva, az észlelések üveglapokon át történnek és a megfigyelések tartama alatt, 2–3 napig, a műszerkezelő sem lép be a kupolába. Ilyen módon elérhető a termikus izoláció igen nagy foka, a tapasztalat szerint ugyanis ilyenfajta műszer működésének pontosságát a hőmérséklet ingadozása rontja le nagyon erősen.

Meg kell még emlékeznünk arról a passzázs-csőről, amelyen Pavlov professzor a csillagok meridián-átmeneteit *fotoelektromosan regisztrálta*. Ezzel a műszerrel az elsők között valósította meg

a fotoelektromos regisztrálást, olyan megbízhatóan és nagy üzembiztonsággal, hogy annak előnyei a pontosidő-szolgálatban teljes mértékben kiaknázhatóvá lettek. Meg kell még emlékezni továbbá a Linnyik-féle csillag-interferométerről. Ez lényegében véve egy klasz-



A horizontális napteleszkóp cölösztátja.

szikus típusú interferométer, horizontális felállítással és változtatható (2, 4 és 6 méterre állítható) bázissal. E műszer a kettőscsillagok szögtávolságának igen pontos meghatározására való. Tulajdonképpen — a horizontális felállítás miatt — csak a kettős csillag két komponensének azimutkülönbségét méri, különböző óraszögben észlelve aztán adódik a szokásos adat: a szögtávolság és

a pozíciózög. Míg a Michelson-féle (tükrös) interferométerek csak egészen kis szögtávolságokig (0,05 ívmásodpercig) voltak használhatóak, addig a Linnyik-féle interferométerrel 20—25 ívmásodpercig terjedő szögtávolságok is mérhetők. Linnyik kidolgozott egy *interferencia-héliométert* is, mellyel a napkorong szögátmérőjét $\pm 0,5$ ívmásodperces pontossággal határozza meg. E műszer segítségével a Napnak (vagy más objektumnak) fényképére az interferenciacsíkok rendszerével egy változatlan léptékű mérce nyomható rá. Így ez a berendezés alkalmas például Einstein-effektusnak teljes napfogyatkozások alkalmával történő megfigyelésénél, a műszer skálájában esetleg fellépett változások pontos ellenőrzésére.

A pulkovói újabb műszerek között meg kell említeni a nagy coudé-felállítású *Makszutov-távcsövet* (főtükör átmérője 67 cm, a meniszkuszé 50 cm, ekvivalens fókusztávolság 6 m.). Ez a fontos műszer egyrészt az extragalaxisok asztrometriai célokra való felhasználását célozza, tehát a csillagászati koordinátarendszernek az extragalaxisokhoz való rögzítését, másrészt a spektroszkópiai munkáknál fog szerepelni.

Érdekes műszer még a Kalinyak-féle infravörös kamara, továbbá egy (kisebb) kettős asztrográf, objektív prizmákkal, amelyen radiális csillagsebesség meghatározására tesznek kísérletet. Itt említjük meg, hogy az elpusztult nagy refraktor pótlására folyamatban van egy 65 cm-es refraktor felállítása.

Igen fontos része a pulkovói obszervatóriumnak a *napfizikai berendezések*. A pozíciós csillagászati munka mellett a napfizika jelenti a második fő programot. Megfigyeléseket, igaz, csak nyáron folytathatnak, mert a téli hónapokban a Nap túlságosan alacsonyan jár. Nyáron azonban a tapasztalat szerint, napfizikai észlelésekre igen alkalmas a pulkovói domb, mert a talaj és a levegő nem melegszik túlságosan fel. A napfizikai részleg főműszere a nagy *horizontális teleszkóp*. A cölosztáthoz csatlakozó optikát úgy konstruálták, hogy 16, illetve 60 méteres effektív fókusztávolság érhető el. A cölosztát a Nap fényét vagy a nagy diszperziójú spektrográfhoz vetíti, (diszperzió 1 Å/mm) vagy a spektrohéliográfhoz. A műszerhez két interferencia szűrő is tartozik, melyeknél a félvonal-szélesség mindössze 1 Å. Rendkívül szép és érdekes granuláció felvételek is készültek ezzel a műszerrel, amelyek alighanem új megvilágításba helyezik a granuláció kérdését.

A spektroszkópiai munka kiegészítésére szolgál a nagy laboratórium, az időszolgálat pontosabbá tételéhez pedig a kvarcóráknak egész sora.

Az eddig felsorolt műszerek azonban távolról sem merítik ki a pulkovói csillagda berendezését. Még ez a futólagos felsorolás is

mélyen impresszionáló képet ad a szovjet kormány bőkezűségéről és áldozatkészségéről, amellyel a csillagászat fejlődését előremozdítja.

A pulkovói csillagvizsgálónak, mint már említettük, régebben Nyikolajevben és Szimeizben volt vidéki fiókintézete. Időközben a nyikolajevi állomás megszűnt, a krími pedig önálló obszervatórium-má alakult. Ugyanakkor azonban a főcsillagvizsgáló magas földrajzi szélessége (kb. 60°) fölöttébb kívánatosá teszi délebbre fekvő fiókintézet létrehozását. Így létesült a 40-es évek végén a kiszlovodszki állomás, amelyik még ma is épülőben van, de a tudományos munka már nagy ütemben folyik.

A kiszlovodszki állomás

a Kaukázus főgerincének északi peremén, a várostól mintegy 26 km-re délre, 2130 m tengerszint feletti magasságban épült. Ebben az obszervatóriumban figyelte meg a magyar delegáció három tagja az ottani műszerekkel a napfogyatkozást. Ennek során nyolc napig tartózkodtak az obszervatóriumban, ami lehetővé tette, hogy annak munkájával alaposan megismerkedjenek.

A hegyi állomás a pulkovói napfizikai osztály egyik részlege, amely úgyszólván kizárólag napfizikai felszereléssel van ellátva. Ve-



Az Elbrusz képe a kiszlovodszki „hegyi állomásról”.

zetője M. N. Gnyeviszev, rajta kívül állandóan itt dolgozik még három tudományos munkatárs, időnként a pulkovói obszervatórium egy kalkulátora, a nyár folyamán pedig gyakorlati munkára beosztott aspiránsok és egyetemi hallgatók. A csillagvizsgáló állomás igen érdekes és vonzó környezetben, de meglehetősen elhagyatott helyen fekszik. A lakóépület üvegverandájáról gyönyörű kilátás nyílik a mintegy 40 km távolságban lévő Elbrusz hegy 5630 m-es csúcsára. Az obszervatórium dolgozói természetesen az intézet területén laknak. A lakóépületnek eddig fele készült el, megépült ezenkívül a koronográf kupolája és az energiatelep épülete. A többi műszer még ideiglenes felállításban, ideiglenes épületben van.

A kiszlovodszki állomás főműszere a Zeiss cég gyártotta Lyot-féle koronográf, az első, amely a Szovjetunióban felállításra került. Objektív-átmérője 20 cm, fókusz távolsága 3 m, egy másodlagos leképezés során a napkorong átmérője 5 cm-es lesz. A műszer tartozéka egy polarizációs monokromátor, mely a következő hullámhosszakon használható: a H_{α} , H_{β} , vonalak hullámhosszán, egy vas- és egy magnéziumvonalban, továbbá a 3 legfőbb koronavonalban. A koronográfhoz tartozik még egy nagy rácsspektrográf is. Ezzel a műszerrel elsősorban a belső napkorona alakját, az abban végbemenő változásokat, a korona aktív területeit vizsgálják, a protuberanciák vizsgálata itt másodlagos feladat.

A hegyi állomás még egy horizontális távcsővel rendelkezik, amelyhez spektrohélioszkóppá is átalakítható *spektrohéliográf* csatlakozik; ez a másik főműszer az állomáson.

Az állomás harmadik fontos műszere egy Makszutow-típusú, 10 cm-es fotohéliográf, ekvivalens fókusz távolsága 8,5 m. Minthogy csak igen rövid expozíciók készítéséről lehet szó, a távcső nincs is órágéppel ellátva. Általában csak napi 1—2 észlelést végeznek vele a pulkovói naptevékenység-katalógus számára. A műszerállományt kiegészíti az igen jól felszerelt (regisztráló mikrofotométerrel, spektrokomparátorral, folterület és pozíció leolvasására szolgáló berendezéssel stb. ellátott) laboratórium.

A kiszlovodszki állomáson évente mintegy 300 észlelésre alkalmas nappal van, ezek közül koronaészlelésekre 150—200 használható. Az észlelések majdnem mindig a korareggeli órákban történnek, mert az időjárás szokásos menete szerint a déli órákban felhősödés indul meg és többnyire csak napnyugta előtt derül ki.

A tervek szerint a következő években további műszerekkel látják el az állomást, főleg azonban a személyzet létszámát emelik. Így „gornaja sztancija” felszerelését illetőleg szinte az önálló obszervatórium rangjára fog emelkedni.

Leningrádban még egy fontos csillagászati intézményt látogatunk meg.

Az Elméleti Csillagászati Intézet

sztintén a Vasziljevskij-szigeten, az Akadémia épületében kapott helyet. Az „ITA” (Insztitut Tyeoreticeszkoj Asztronomii), amint a neve is mutatja, számolóintézet, amely az égi mechanika praktikus kérdéseinek megoldásával foglalkozik. (A „teoretikus” csillagászat ugyanis hagyományos, de elég helytelen szóhasználat, az égi mechanika „alkalmazását” jelenti: bolygók, üstökösök pályaszámítását, fogyatkozások előreszámítását, dinamikai problémák közelítő módszerekkel való tárgyalását.) Az intézet vezetője *Szubbotyin*.

Ez az intézmény a szovjet égi mechanikai kutatások egyik gyűjtőpontja. A másik a „Mojszejev-iskola” Moszkvában. Míg Mojszejev és tanítványai elsősorban az égi mechanika általános, elvi kérdéseivel foglalkoznak, addig a „Szubbotyin-intézet” inkább a Naprendszer egyes speciális, konkrét problémáival, például a Jupiter VIII. holdjának mozgásával, vagy egyes kisbolygók pályájának igen pontos megállapításával.

Ennek az intézetnek feladata a *Szovjetunió Csillagászati Évkönyvének* és a kisbolygók évi efemeriseinek kiadása. Mindkét feladat megoldásával az ITA egy-egy külön osztálya foglalkozik. A számításokat Hollerith-típusú (lyukkártyákkal működő) számológép egy sorozatán végzik el.

Különösen fontos munkát végez — a nemzetközi tudományos együttműködés szempontjából — a kisbolygó-osztály (melyet *Jahontova* vezet). A Nemzetközi Csillagászati Unió egyik határozata értelmében ugyanis a kisbolygókra vonatkozó számítási munkák központja a leningrádi számolóintézet. Itt gyűjtik össze a kisbolygókra vonatkozó összes megfigyeléseket (maga az intézet természetesen megfigyeléseket nem végez, munkája teljesen elméleti jellegű). Mint ismeretes, a népi demokratikus országok csillagvizsgálóinak, közöttük a budapestinek is, kooperációs programja van kisbolygók észlelésére az ITA megfelelő osztályával. Az intézet vezetőivel folytatott megbeszéléseknek egyik fontos eredménye éppen az lett, hogy ezt a kooperációs programot, amelyhez mi megfelelő műszerrel ma még nem rendelkezünk, legalább részben konvertáltuk üstökösök (elsősorban az Encke-üstökös) megfigyelésére.

A leningrádi számolóintézet adja ki évről évre a kisbolygók efemeriséit, tehát előzetes pályaszámításukat; ez jelenti évről évre minden kisbolygó-észlelésnek alapját. A kisbolygó-észlelések publikálása rendszerint egy másik nemzetközi központra, a Cincinnati Observatory irodáján keresztül történik.

Az intézet főmunkáját tehát az *Évkönyv* és a kisbolygó-eferisek elkészítése jelenti. Emellett azonban időnként nagyobb terjedelmű tanulmányok és monográfiák is megjelennek kiadványai sorában.

*
* *

Moszkvában a nagy egyetemi obszervatóriumot és a planetáriumot látogattuk meg.

A moszkvai csillagvizsgáló,

az úgynevezett Sternberg-Intézet megtekintésére egy teljes nap állott rendelkezésünkre.

Ez a nevezetes obszervatórium mintegy 120 éves multra tekintet vissza. Mai nevét az egykor itt dolgozó *Pavel Karlovics Sternbergről* (1865—1920) kapta, aki a kommunista párt régi munkása és a polgárháború alatt a keleti front forradalmi katona-tanácsának tagja volt. Mint csillagász, főleg a pozíciós asztronómia területén működött (pólusingadozás, vizuális kettőscsillagok). A csillagvizsgáló tulajdonképpen a moszkvai Lomonoszov egyetem egy részét képezi, de tudományos működését végső fokozat az Akadémia csillagászati tanácsa irányítja.

Az intézet vezetőállású dolgozói töltik be a Lomonoszov egyetem hat csillagászati tanszékének többségét is.

A Sternberg-Intézet, melynek vezetője *Kukarkin*, aki a változó-csillagokkal kapcsolatos munkát is irányítja, ez idő szerint jelentős átszervezés alatt van. A nagy, mintegy 100 dolgozót foglalkoztató obszervatórium egy 1830-ban épült, meglehetősen szűk és ma már jócskán a város belsejébe eső épületbe van összezsúfolva. Sem a hely, sem a megfigyelési viszonyok nem mondhatók kedvezőnek.

Azonban már készen áll, és csak a felszerelést várja az intézet új épülete, a Lenin-hegyen, közvetlenül a híres magasépület szomszédságában, attól keletre. Tekintettel arra, hogy megfigyelésekre belátható időn belül ez a hely sem lesz alkalmas, mintegy 40 km-re a várostól, Kucsinban máris működik az intézet vidéki megfigyelő-állomása.

Ezt a kucsini állomást nem láttuk; itt egy 40 cm-es, 1/5 nyílászónyú nagy asztrográf működik. Láttuk azonban a csillagvizsgáló Lenin-hegyi leendő épületét és végigjártuk a jelenlegi, öreg épület munkahelyeit.

A Lenin-hegyi obszervatórium elsősorban didaktikai célokra fog szolgálni, márcsak a nagy egyetemi negyed túlságos közelsége

is ezt írja elő. Jellemző azonban a felszerelés méreteire, hogy még ilyen körülmények között is a következő elsőrendű eszközökkel fogják ellátni: 70 cm-es parabolikus reflektorral, 50 cm-es Makszutow-távcsővel (a pulkovói műszer egyik másodpéldányával), 18 cm-es meridiánkörrel, 15 m fókusztávolságú torony-teleszkóppal és még egy sereg kisebb műszerrel. Ugyanebben az épületben lesznek elhelyezve a tanszékek, gyakorló-laboratóriumok, az előadótermek stb. A beköltözést legkésőbb 1955-re tervezik.*



A moszkvai Sternberg Intézet új épülete; a háttérben a Lomonoszov-egyetem. (Dr. Nassau felvétele a Sky and Telescope c. folyóiratról.)

Egyelőre a műszerek még nincsenek felállítva, és a tanszékek is az egyetem főépületében vannak elhelyezve. Megtekintettük Kulikov professzor tanszékét (valahol a 14. emelet táján), amelynek feladata elsőéves hallgatók számára általános bevezető kurzust tartani. Számos olyan tanulságos falitáblát, modellt és egyéb szemléltető eszközt láthattunk, amelyeknek elkészítése aránylag kis költséggel hazai egyetemi oktatásunk színvonalát is jelentősen felfeljebb említi.

A legérdekesebb természetesen a csillagvizsgáló ma működő osztályainak és műszereinek megtekintése volt. A már említett kissé ódon telep, a kívülről kevesetígérő ház és észlelőépületek elsőrendű felszereléssel rendelkező, nagy obszervatóriumot „rejtget-

* Mint nemrég értesültünk, a költözés máris (még 1954-ben) megtörtént.

nek". Az utóbbi időben az intézet működése inkább az elméleti természetű vizsgálatok felé tolódott, hiszen az észlelést a nagyváros viszonyai alig engedik meg. Az intézet elsőrendű — jórészt a szovjet ipar által előállított — kimérőműszereknek szinte teljes kollekciójával rendelkezik. Fontos műszerek, például pontos pozíciómérők, mikrofotométerek stb. több példányban, az egyes osztályok számára külön vannak meg. Érdemes említeni az összehasonlítás kedvéért, hogy csak a *Parenago* vezette sztellárasztronómiai osztály egyik helyiségében (amint tréfásan nevezik: a Rundsaalban, a „körteremben”) 9—10 számológépet láthattunk, tehát jóval többet, mint nálunk az ország egyetlen csillagvizsgálójában. Ugyanezen az osztályon teljes cédula-katalógus van a csillagok legkülönbözőbb fizikai tulajdonságairól, a változó- és kettőscsillagokról, az észlelt csillagmozgásokról stb., amelyik a statisztikai munkában felbecsülhetetlen. Az intézet különben 75 ezer kötetes (!) szakkönyvtárral rendelkezik, ami gyakorlatilag teljesnek mondható és amelynek magunk is nagy hasznát vettük, néhány olyan fontos cikk megszerzésével, ami nálunk Magyarországon nincs meg.

A Sternberg-Intézet felszerelése tehát elméleti és statisztikai munkák számára rendkívül előnyös. A műszerállomány szintén figyelemreméltó, bár a jelenlegi helyen aligha tudják kihasználni. Az intézet főműszere a nagy toronykupolában elhelyezett Carte du Ciel-asztrográf. Ez a kettős refraktor 38 cm-es fotografikus objektívvel (fókusz távolsága 640 cm) és hasonló méretű vizuális vezetővel van ellátva. A műszert elsősorban sajátmozgások megfigyelésére használják, annak a fontos programnak keretében, amely a csillagok sajátmozgásait az extragalaxisokhoz akarja kapcsolni.

A pozíciós-csillagászathoz tartozik az igen jól felszerelt időszolgálat. A Sternberg-Intézet időszolgálatát biztosítja például a Kreml ismert toronyórájának pontos járását is. Az időszolgálati részleg 8 Shortt-órával és két francia gyártmányú kvarc-órával van ellátva, valamint egy sereg olyan kisebb műszerrel, amelyiken a szellemes újítások egész sorát figyelhettük meg. Ilyen volt például a „kronoszóp”, amely az egyes órák állásának gyors összehasonlítását teszi lehetővé, vagy azok az érdekes berendezések, amellyel a passzázs-műszer működését megjavították. A szovjet gyártmányú passzázs-cső kis biztonsági lámpával van ellátva, amelyik kigyullad abban a pillanatban, amikor a távcső átfordításakor a tengely a tartófelületeken elhelyezkedett; ez a kis újítás rendkívül meggyorsítja a távcső átfordítását. A pozíciós műszerekhez csatlakozik az idestova 100 esztendő's Repsold-féle 15 cm-es meridiánkör.

Külön épületben van elhelyezve az asztrofizikai laboratórium, amelyet *Voroncov-Veljaminov* vezet. Ennek a részlegnek észlelő-

műszere egy 30 cm-es, 1/4 nyílászviszonyú Makszutov-távcső, mely két objektívprizmával van ellátva. Amint a felvételekről láthattuk, leképezése elsőrendű, sajnos, a rossz légköri viszonyok nem nagyon engedik meg a műszer kihasználását. Az asztrofizikai laboratórium, legalább is részben, más szovjet obszervatóriumokban készült felvételeket dolgoz fel.

A moszkvai planetárium,

— mely ebben az évben ünnepli 25 esztendő fennállását — eddig több mint 12 millió látogatóval dicsekedhet. Maga a planetárium Zeiss-típusú vetítőberendezés, amelyet — úgy tűnik — aránylag kevésbé használnak ki, legalábbis abban az általános előadásban, amelyet végighallgattunk. Bizonyára vannak olyan speciális előadások is a (napi négy előadásból álló!) műsorban, amelyeknél jobban kihasználják a vetítőberendezést. Egyébként a legtöbb előadás körülbelül a „hazai” témákat adja: A mindenség szerkezete, Van-e élet más égitesteken? stb. Érdekesebb volt számunkra a demonstrációs eszközöknek az a valóságos arzenálja, amelyet az előcsarnokban és a planetárium melletti „csillagászati téren” megnézhattunk. Igen tanulságos volt, hogy a csillagászati előadásokat messzemenően összekapcsolták a fizikai ismeretek bővítésével, így például az általános tömegvonzással kapcsolatban mindjárt bemutatnak egy Eötvös-ingát is. Sőt, külön 120 személyes fizikai terem is van, amelyben az előadás előtt érdekes fizikai kísérleteket mutatnak be. A kísérleteket úgy válogatják össze, hogy a törvényszerűséggel kapcsolatos gyakorlati alkalmazások azonnal nyilvánvalóvá váljanak. De a csillagászati demonstrációs eszközöknél is igyekeznek a gyakorlati vonatkozásokat kidomborítani. Igen hatásos például az a nagy fém-tükör, amellyel Ceraszkij kísérletét megismételve, önlemez gyűjtának meg, utalva ezzel a napfényenergia használhatóságára. Egy kisebb nagpép is működik a csillagászati téren.

A demonstrációs eszközök között kiválik az érdekes berendezés, amelyekkel a Föld forgását igazolják.

A Posehonov-féle inga

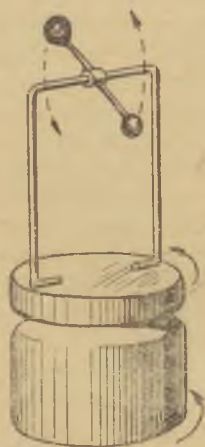
a Foucault-ingának didaktikai szempontból előnyösebb változata.

Az alábbiakban befejezésül még megkíséréljük a Posehonov-inga működését vázolni. A planetáriumban célszerű módon egy kis *modell* illusztrálják a működési elvet, a következőképpen:

Egy hengeralakú, egyenletes sebességgel forgatható alzaton téglalap alakú drótkeret van (függőlegesen) elhelyezve. A keret víz-

szintes oldala, mint tengely körül, egy rúd foroghat. Ez a rúd a végén nem egyenlő súlyú nehezékekkel van ellátva, a rúd így a függőleges síkban lengéseket végezhet, az említett téglalap alakú keretben. Az alzat és a felső rész (tehát a keret + az inga) úgy van összekapcsolva (például a súrlódás segítségével), hogy az alzat „normális” körülmények között „viszi”, elforgatja a keretet, de ez utóbbi tud az alzattól függetlenül is mozogni.

Ha az alzat nem forog, akkor az inga lengése közben természetesen a lengés síkja nem fordul el, tehát az alzat és a keret egy-



A Poschonov-inga működését bemutató modell.

máshoz képest nyugalomban marad. Ha az alzat forog, de az inga *nem leng*, akkor az alzat magával forgatja a keretet. A viszonylagos mozgás ekkor is zérus. Abban az esetben azonban, ha az alzat forog és az inga leng, a helyzet megváltozik: az alzathoz képest a keret elfordul. Képzeljük el ugyanis, hogy a forgó alzat felett az ingát, vízszintes helyzetből kiindulva, meglóditjuk. Amíg csak az inga lengése közben a függőleges helyzetet fel nem veszi, a forgó rendszer tehetetlenségi nyomatéka állandóan csökken. Mivel az alzat forgásának szögsebessége a forgató mechanizmus által rögzítve van, ez azt fogja eredményezni, hogy a keret az alzathoz képest elfordul, mintegy „megugrik”. A lengés következő, a „függőlegestől a vízszintesig” való szakaszában a tehetetlenségi nyomaték ismét nő és felveszi eredeti értékét. Ennek következtében a keret az alzathoz képest megáll. A következő lengésnél az előbbi ismétlődik: vízszintes helyzettől függőlegesig a keret újra előrefordul bizonyos értékkel, függőlegestől vízszintesig leáll.

Az inga lengése során tehát a tehetetlenségi nyomaték újra meg újra lecsökken, majd felveszi eredeti értékét. Ennek során végeredményben a keret az alzathoz képest világosan felismerhető, szaggatott mozgással, mintegy neki-nekilódulva, elfordul. A keretnek ez a jellegzetes elfordulása az alzathoz képest tehát akkor következik be, ha az inga lengésével egyidőben az alzat is forog. Vagyis ez a mozgás az alzat elfordulásának bizonyítéka.

Így működik a modell. Magával a Föld forgását bizonyító ingával kapcsolatban mármost a Föld helyettesíti a forgó alzatot. Az ingát meglóditva észrevesszük, hogy látszólag minden külső beavatkozás nélkül a lengéssík és így az inga kerete a talajhoz képest jellegzetes, szaggatott módon körülfordul. Ezáltal bizonyítja azt, hogy

az „alzat” — tehát maga a Föld elfordul. Nem is túl nagy, néhány méteres ingával lehet ilyen módon a Föld forgását demonstrálni, mert — és ez a lényeges előny a Foucault-ingával szemben! — a teljes körülfordulás mindössze néhány óráig tart és így az elmozdulás úgyszólván percek alatt észrevehető. (Közönséges Foucault-ingával a körülfordulás például Budapest földrajzi szélességén 32 óra 33 percig tart.)

* *
*

A magyar csillagász-delegáció ezt az öt szovjet csillagászati intézményt ismerte meg, amiről az eddigiekben beszámoltunk. Felbecsülhetetlen értékű volt ezenkívül az a sok értékes megbeszélés, amelyet szovjet és más külföldi kollégákkal folytattunk. Ennek során alkalmunk volt megbeszélni a munkánk folyamán adódó problémáinkat olyan szakemberekkel, mint *Ambarcumján*, *Ogorodnyikov*, *Kukarkin*, *Jahontova*, *Krat*, *Gnyevisev*, *Hilmi*, *Parijszki*, *Zverjov*; fontos kooperációs megbeszéléseket folytathattunk, tanulmányozhattuk egy nagyszabású fogyatkozási expedíció előkészítését és munkáját. Évek óta ez volt az első alkalom, hogy magyar csillagászok személyes kapcsolatot teremtettek külföldi kollégáikkal. — Bizonyos, hogy a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának baráti meghívása a kutatómunka új eredményeihez segítette hozzá a magyar csillagászokat.

Földes István és Herczeg Tibor

E. Schatzman:

KRITIKAI MEGJEGYZÉSEK A NYUGAT-EURÓPÁBAN ÉS AMERIKÁBAN ELTERJEDT KOZMOGÓNIAI ELMÉLETEKRŐL*

Mindenekelőtt azt kell meghatároznunk, mit értünk kozmogóniai elmélet alatt. A Föld, az égitestek: a Hold, a Nap, a bolygók, a csillagok, az intersztelláris ködök, a csillagrendszerek, a csillaghalmazok, a galaktikák és galaktika-rendszerek nem voltak meg mindig abban a formában, amelyben mi ismerjük azokat. Az anyag fejlődése folyamán különböző létezési formákon megy át. A kozmogónia az a tudomány, amely az égitestek specifikus esetében az anyagnak egyik létezési formából másik létezési formába való átmenetével foglalkozik.

A multban a kozmogónia kizárólag spekulatív tudomány volt. A természeti folyamatok összefüggő láncot alkotnak. Az egyes ismeretlen láncszemeket azelőtt spekulációval pótolták. Csak a legutolsó időben, különösen Ambarcumján munkásságának eredményeként lett a kozmogónia valóban tudomány. Mindamellett a kozmogóniát most is mélyrehatóan befolyásolják tudománytalan felfogások, amelyekre az idealizmus erősen rányomja bélyegét. A kozmogóniai elméletek kritikája szükséges ahhoz, hogy szigorúan tudományos, materialista módon foglalkozhassunk a világok eredetének problémájával.

A kozmogóniai elméletnek, hogy ne legyen spekulatív, tekintetbe kell vennie az anyag mozgástörvényeit, a legáltalánosabb és a legkülönlegesebb törvényt egyaránt, mégpedig azokban a specifikus esetekben, amikor égitestekről van szó.

Elsősorban az egyetemes kölcsönhatás törvényét kell figyelembe vennünk, hogy megérthessük a végtelen tulajdonságait. A teoretikusok nem ismerték az objektív, reális ellentmondást a végtelen és véges között, azt a tényt, hogy a végtelen számtalan sok

* A MTESZ rendezésében 1954. szeptember 9-én megtartott előadás.
Fordította: *Balázs Júlia.*

véges részből tevődik össze, hogy minden véges rész különböző bonyolultságú és szintű végtelenből áll, hogy az elektron épp oly kimeríthetetlen, mint a világmindenség.

Ezek úgy térnek ki a végtelen tulajdonságainak nehézségei elől, hogy elvetik a végtelenséget. A teremtetélméleti koncepciók elvetik az idő végtelenségét. Ezeknek nagy és gyakran nehezen kimutatható rosszindulatú befolyásuk van a kozmogóniai elméletekre.

Másodsorban tekintetbe kell venni az anyag mozgásformái minőségi megváltozásának törvényeit, amelyek a megmaradás törvényeiben, éspedig a klasszikus fizika szerint az anyag megmaradásának, a mozgásmennyiség megmaradásának, a mozgásmennyiség nyomatéka megmaradásának és az energia megmaradásának törvényében jutnak kifejezésre. Tudjuk, hogy a Laplace-féle elmélet elvetésének a 19. században az volt a legfőbb oka, hogy ez az elmélet nem vette figyelembe a mozgásmennyiségi nyomaték (impulzusnyomaték) megmaradásának törvényét. Ne feledkezzünk meg arról, hogy a Laplace által elképzelt ősköd összehúzódott, amint belőle a bolygók és a Nap képződtek. Ezen összehúzódás folyamán a Nap forgássebességének mindjobban növekednie kellett, amint a zsineg végén körben mozgó kő is sokkal gyorsabban kezd forogni, ha a zsineget megrövidítjük. Ezzel ellentétben a Nap igen lassan fordul meg tengelye körül, kb. 27 nap alatt. Laplace tisztán minőségi jellegű elmélete nem veszi tekintetbe az impulzusnyomaték megmaradásának törvényét és így azt el kellett vetni.

Végül, a világűrben lévő anyag különleges mozgástörvényei azok, melyeket tanulmányozni kell és amelyeket figyelembe kell venni. Nem szabad ezeket a képzeletben kigondolt vagy az ügy érdekében kitalált törvényekkel helyettesíteni. Egyszóval a kozmogóniai elméleteknek valóban materialistáknak kell lenniök.

Ezekben az általános eszmékben foglalhatjuk össze a kozmogóniai elméletek bírálatának tanulságait. Meg kell jegyeznünk, hogy ez a bírálat az egész világ tudósi munkáinak egybevetése révén jó eredményekre vezethet. Ez is bizonyítja azt, hogy a tudomány haladásához nemzetközi együttműködés szükséges.

A továbbiakban csupán a Naprendszer eredetére vonatkozó elméletek és a világegyetem tágulásának mondott kozmológiai elmélet vizsgálatával foglalkozom.

Emlékezzünk mindenekelőtt a Naprendszer lényeges jellegzetességeire, amelyeknek az eredetét kutatjuk. A Naprendszer lényegében a Naptól és 9 bolygóból áll. Ehhez hozzá kell venni a Naprendszerhez tartozó bizonyos számú objektumot, a bolygók holdjait és néhány tízezer aszteroidát, amelyek közül a legnagyobbak az átmérője

sem haladja meg a 700 km-t, továbbá az üstökösöket, a meteoriteket, a meteorokat, az interplanetáris port és gázokat.

Valamennyi bolygó ugyanabban az irányban kering a Nap körül. Pályáik csaknem ugyanabban a síkban fekszenek és csaknem köralakúak. A bolygópályák sugara a Naptól való távolság arányában nő. Mindenekelőtt állapodjunk meg ezeknél a megfigyelési eredményeknél és jegyezzük meg a Naprendszernek ezeket a szabályosságait. Ezek nem lehetnek a véletlen gyümölcsei. A bolygók napköri mozgásai Kepler törvényeit követik és az egyetemes tömegvonzás törvénye szabja meg ezeket a mozgásokat. De ezek a törvények nem adnak számot arról, hogy miért kering pályáin az összes bolygó egyirányban és hogy mindezek a pályák miért fekszenek csaknem ugyanabban a síkban. A dolgok ilyen állásának okai csakis a Naprendszer kialakulásának körülményeiben kereshetők. Ugyanakkor a Naprendszer egyéb objektumainak, a holdaknak, aszteroidoknak, üstökösöknek stb. a sajátosságait is meg kell magyarázni.

Az első tudományos kozmogónia Descartes kozmogóniája volt. „A Világ avagy értekezés a fényről” c. posthumus munkájában Descartes a világegyetemben lévő anyag szerkezetét és fejlődését tanulmányozza.

Descartes elmélete a Naprendszer eredetének örvényelmélete volt. Tisztán minőségi formában támaszkodva a mozgás megmaradásának törvényeire, Descartes kimutatta az anyag mozgásának átalakulását hővé és fénné. A Nap kialakulásában látta a bolygók és holdak tengelyköri forgásának és a bolygók szilárdságának okát. Descartes eme folyamat merész általánosításával profétaszerűen kijelentette, hogy sok bolygórendszer van.

Ámde Descartes szerint a bolygókat az ég anyaga ragadja magával örvénylő mozgásban a Nap körül. Descartes csupán kvalitatív elmélete, amely az anyag által az éter közvetítésével az anyagon gyakorolt hatás meglepő intuíciója, nem volt annyira közvetlen, annyira egyszerű, mint Newton egyetemes tömegvonzási törvénye, ami viszont bekapcsolta az egész 18. században vitatott távolbhatás nehezen érthető eszméjét. A bolygók mozgásáról szóló elméletéhez hasonlóan Descartes zseniális kozmogóniáját is elvetették.

Kant elmélete 1755-ből származik, Laplace-é 1796-ból. Mindkettőjük szerint a Naprendszer egy ősködből keletkezett. De a Kant-féle elméletben szereplő köd független meteor-rajokból áll; a Laplace-féle köd ezzel szemben valódi gázköd, amely már kezdetől fogva meglehetősen egyenletes forgásban volt. A Nap, Laplace és Kant elméletében egyaránt, a bolygókhoz hasonlóan az ősködből születik. De bármennyire jelentősek voltak is Kant és Laplace esz-

méi, különösképpen az az eszme, amely a Naprendszer szabályszerűségét, annak kialakulása körülményeiből magyarázza meg, igen sok folyamatról nem tudtak, vagy pedig félreismerték azok jelentőségét. Nem vették tekintetbe az impulzusnyomaték megmaradásának elvét, a 19. század első felében felfedezett energia megmaradásának törvénye akkor még ismeretlen volt. A mozgás átalakulási törvényeinek, nevezetesen az impulzusnyomaték megmaradásának 1860-ban Fouché által történt tekintetbe vétele maga után vonta a Naprendszer eredetére vonatkozó Kant—Laplace-féle elmélet elutasítását.

Minthogy a Kant—Laplace-elmélet nehézségei leküzdhetetlennek látszottak, 1900-ban, felújított formában, visszatértek Buffon katasztrófa-elméletéhez. Chamberlain és Moulton azt képelték, hogy egykor egy csillag haladt el a Nap közelében, ekkor a Nap anyagából megnyúlt, izzó gázszerű anyag szakadt ki, amely azután bolygókra darabolódott és ezek a bolygók mind ugyanabban az irányban keringtek a Nap körül. A katasztrófa-elmélet, melyet Jeans és Jeffreys fejtett ki és mélyített el, végül is a következő formában jelentkezett: egy csillag a Nappal összeütközött — a Nap felületét a csillag valóban súrolta — s a Napból kiszakított egy megnyúlt gázszerű izzó tömeget, amely azután bolygókra szakadt. A jelenlévő gázok sűrűlődája addig kerekítette a kialakult bolygók pályáit, amíg csaknem köralakúak lettek.

Mindazonáltal a katasztrófa-elmélet nehézségeinek egyre inkább ki kellett derülniök. Elsősorban a csillagok belső szerkezetére vonatkozó kutatások révén meglehetősen pontosan megismertük a sűrűség eloszlását a Nap belsejében. Kiderült, hogy az anyag a Napban erősen koncentrálódik, úgyhogy a Nap központi sűrűségének aránya az átlagos sűrűséghez kb. 100 : 1. Ebből következik, hogy már ahhoz is, hogy a Napból valamilyen kevés anyag szakadjon ki, hatalmas dagályhullámnak kellett lennie. Ez csak a Nap és a zavaró csillag közvetlen összeütközésekor keletkezhetett. De akkor az impulzusnyomaték megmaradásának törvénye szerint az összeütközés alkalmával keletkezett bolygók csak igen kis távolságban keringhettek volna a Naptól, olyan távolságban, amely jóval kisebb a Merkúr pályájának sugaránál. Ezzel szemben, ha az impulzusnyomaték olyan, hogy a létrejött bolygók a jelenlegi távolságokban keringenek a Nap körül, akkor az „összeütközés” olyan távoli, hogy a zavaró csillag csak parányi redőt kelt a Nap felszínén és nem szakad ki anyag. Ehhez, a Russel által felhozott mechanikai érvhez hozzá kell vennünk Spitzer fizikai érvét a Naprendszer eredetének katasztrófa-elmélete ellen.

Ahhoz, hogy a kiszakított izzó, gázszerű megnyúlt anyag össze-

húzódhassék, elég sűrűnek kell lennie ahhoz, hogy legalábbis egyensúlyban legyen a gravitációs erők hatása alatt. De ilyen sűrűség a Napban csak nagy mélységben fordul elő, ahol a hőmérséklet igen magas, egymillió fok körül mozog. Spitzer kimutatta, hogy a sugárnyomásnak a gáznemű anyagra kifejtett hatására az ilyen filamentum néhány perc alatt szétrobban és gáznemű korongot képez a Nap körül.

Tehát a katasztrófa-elmélet csak azért fejlődött ki, mert a század elején nem ismerték a csillagok és a Nap belső szerkezetét.

Lyttleton avégből, hogy elkerülje az impulzusnyomatékkal kapcsolatos nehézségeket, egy csillagnak egy kettőscsillaggal való ütközését tételezte fel. Az ütközés után a perturbáló csillag és a kettőscsillag egyik komponense egymástól a végtelenbe eltávolodott. Egy megnyúlt gázszerű tömeg képződik, amely a megmaradt csillag, a Nap körül keringő bolygókra szakad. De amint Luyten kimutatta, az így keletkezett megnyúlt gázszerű tömeg túl kicsi ahhoz, hogy megmagyarázza a bolygók keletkezését.

Mint tudjuk, Jeans és később Lyttleton a Naprendszer keletkezésére vonatkozó katasztrófa-elmélet alátámasztásául azt hozták fel, hogy az ilyen katasztrófák ritkán fordulnak elő. Ezen ritka előfordulás következtében bolygórendszerek csak igen kivételesen alakulhatnak ki és így az egész világmindenségben az ember is egyedülinek tekinthető. Effajta, nyilvánvalóan fideista tételek, különösen a csillagok közötti összeütközés elmélete, fékeztek a kozmogóniai elméletek kifejlesztését.

A katasztrófa-elméletet sokkal radikálisabban vetették el, mint Kant és Laplace elméletét, annyira, hogy még visszatérés is történt az utóbbira.

Modern formájában a ködelmélet a már kialakult Nap körül forgó ködben tanulmányozza a bolygók kialakulását. Ily módon a Nap impulzusnyomatékával kapcsolatos nehézséget, ha nem is oldották meg, de legalább kikerülték. Ezzel szemben igen sokat fáradoztak azon, hogy meghatározzák az ősködben végbemenő fizikai-kémiai folyamatokat azért, hogy magyarázatot találjanak a bolygók kémiai összetételében mutatkozó különbségekre. Valóban a bolygóknak, azok átmérőjének, színképének megfigyelése tömegüknek az égimechanika segítségével való meghatározása, belső szerkezetük elmélete ahhoz a feltevéshez vezet, hogy a Vénusz, a Föld és a Mars nagyjából azonos, a Merkúr pedig kétségen kívül eltérő összetételű, a Jupiter és a Szaturnusz csaknem azonos hidrogén és hélium keverékből, az Uránusz és a Neptunusz pedig főleg víz, metán és ammónia keverékből áll. A bolygók közötti különbségek nemcsak mennyiségi, nemcsak tömegükben különböznek egymástól,

hanem fizikai és kémiai természetük tekintetében is. Ezenfelül egyre világosabbá vált az, hogy a bolygótávolságok törvényét nem lehet a Bode—Titius-törvény szerinti egyszerű interpolációs képlettel megadni, hanem ez a törvény az ősködben lévő anyagmegoszlással és a sűrűsödés feltételeivel szoros kapcsolatban áll.

Weizsäcker elmélete, Ter Haar elméletének tökéletesített változata és a Kuiper-féle változat olyan elméletek, amelyek az ősköd örvénylésén alapszanak. De az örvénylés bevezetése ellentmondáshoz vezet. Taylor és Jeffreys szerint nem valószínű, hogy örvénylés léphessen fel olyan forgó anyagban, amelyben a forgatónyomaték a forgástengelytől való távolsággal növekszik. Sőt Ter Haar szerint az ősköd az örvénylés folytán olyan gyorsan (kb. 1000 év alatt) szóródna szét a térben, hogy semmiféle szabályos sűrűsödés kialakulásához nem lenne idő.

A Naprendszer keletkezéséről szóló jelenlegi elméletek alapos vizsgálata arra az eredményre vezet, hogy bár nagy haladást jelentenek a régi elméletekkel szemben, távol vannak attól, hogy a Nap és bolygók *egyidejű* keletkezésének problémáját meg tudják oldani. Ez annak a következménye, hogy rendkívül sokfélék a számbaveendő folyamatok, melyek felidézik az összes ismert és ismeretlen fizikai törvényeket. A Naprendszer kialakulásának leírása összefüggésükben igyekszik számításba venni az ismert folyamatokat, de a hiányzó láncszemet szükségszerűen spekulációval helyettesíti. Csak az égi jelenségek figyelmes észlelése az égen lejátszódó újabb folyamatok felfedezése teszi lehetővé, hogy szilárd alapot adjunk a Naprendszer kozmogóniájának. Ebben az irányban indult el Ambarcumján, szovjet csillagász, a csillagtársulásoknak nevezett csillagcsoportosulások kialakulására vonatkozó vizsgálataiban. Ez az az út, amely ellenőrizhető tudománnyá teszi a kozmogóniát.

Van egy terület, amelyen a spekuláció és a kreacionista felfogások még szabadabban csaponghatnak, mint a Naprendszer kozmogóniájában és ez a világegyetem és fejlődésének elmélete: a kozmológia. Talán nincs egyetlen olyan területe a tudománynak, amelyen a teoretikusok azért, hogy saját elméleteik Prokrusztész ágyába belekényszeríthessék, annyira kiforgatták volna a megfigyelési tényeket. A természeti jelenségek egész gazdagságát és változatosságát semmisítették meg ezek a dogmatikus elméletek, amelyek közül sokat nyíltan isten dicsőségére állítottak fel. Ehelyütt elegendő néhány megjegyzés ahhoz, hogy nyilvánvalóvá tegyük ellentmondásukat a megfigyelési tényekkel és alapfelfogásuk tudományellenes jellegét.

Mindenekelőtt foglaljuk össze röviden a megfigyelési tényeket. A 18. századtól kezdve a csillagászok kezdenek kételkedni a Tejútrendszer végtelenségében és Herschelnek köszönhetjük a világsziget elnevezést. Eközben a gázködök és a távoli csillagrendszerek közötti különbséget csak Huggins munkássága alapján, 1867-ben állapították meg pontosan, minthogy a gázködök emissziós színeképet adnak, a galaxisok pedig a csillagszínekéhez hasonló abszorpciós színeképet. Annak ellenére, hogy 1885-ben és 1891-ben két ködfoltban fedeztek fel novát — egy csillag hirtelen explozióját, amely a csillag fényességét hirtelen többmilliószorosára növeli — mégis 1917-ig kellett várni ahhoz, hogy egy másik ködfoltban is fedezzenek fel novát és ezt követően véglegesen megállapítsák a galaxisok Tejútrendszeren kívüli jellegét, a Naptól való óriási távolságukat és roppant méreteiket.

A megfigyelési módszerek fejlődésével az ismert extragalaxisok száma óriási mértékben megnövekedett, a jelenlegi műszerekkel elérhető galaxisok számát több milliárdra becsülik.

A legközelebbi galaxisok megfigyelése mutatja, hogy vannak óriási galaxisok, mint az Andromeda-köd, amely egymillióhatszázezer fényévre van tőlünk, átmérője több mint százezer fényév és kb. százmilliárd csillagból áll, de vannak törpe galaxisok is, néhány százmillió csillaggal.

Mindmáig akármilyen messze is mentek a megfigyelésekkel, nem találták a térnek határát.

Végül a galaxisok nem egyenletesen töltik ki a teret, hanem halmazokban és rendszerekben csoportosulnak.

Már régóta megfigyelték a legtávolabbi galaxisok által kibocsátott színekvonalak eltolódását a vörös felé. Km/sec-ban kifejezve, ez az eltolódás roppant nagy lehet, mégis úgy látszik, mintha Doppler-effektusról volna szó. A legnagyobb ismert eltolódás 65 000 km/sec. Az intergalaktikus tér legátlátszóbb részében úgy tűnik, hogy ez az eltolódás arányos a távolsággal: az eltolódás a vörös felé millió fényévenként 85 km/sec-kel növekedik.

A világegyetemnek a maga egészében való leírása már régi probléma. A múlt század végén C. Neumann és H. V. Seeliger egészen a végtelenségig vizsgálta az azonos sűrűségű anyag megoszlását. Ugyanilyen módon vizsgálja Einstein, Friedmann, de Sitter, Le Maitre, Eddington a relativisztikus világegyetemek modelljeit. Ha feltesszük, hogy az anyag homogén és izotrop módon oszlik el a térben, akkor lehetséges, hogy az általános relativitás-elmélet egyenleteit kellőképpen tudjuk specializálni a világegyetem-modellek kiszámítására. Az ilyen modelleknek az az előnyük, hogy megvilágítják a relativitás-elmélet egyenleteinek tulajdonságait, de semmi

esetre sem szabad ezeket a modelleket a bennünket körülvevő világegyetem valóságos ábrázolásának tekinteni. Mindazonáltal némely teoretikus abszolutizálva a relatív igazságokat, elvvé magasztosítja a homogén és izotrop világegyetem szimplifikáló hipotézisét.

Mindezen elgondolások kiindulásául azt az eszmét találjuk, hogy a világegyetem a maga egészében egyetlen objektumnak tekinthető. Ha a világegyetem egyetlen objektumnak tekinthető, abból a tényből, hogy a világegyetemben nem foglalunk el kitüntetett helyet, nyomban az következik, hogy a világegyetemnek mindenütt ugyanazokkal a tulajdonságokkal kell rendelkeznie, azaz homogénnek és izotropnak kell lennie.

Itt jelentkezik a végesnek és a végtelennek az az összezavarása, mely abból áll, hogy a véges tulajdonságait tulajdonítják a végtelen világegyetemnek. Ez az idealista összezavarás a véges és a végtelen közötti nehezen megragadható azon objektív valóságos ellentmondásból fakadt, amely Engelsnek „A természet dialektikájá”-ban kifejtett meghatározása szerint annak köszönhető, hogy „a megismerhető szubsztancia végtelensége kizárólag véges elemekből áll”.

Az idealisták úgy szüntetik meg ezt az ellentmondást, hogy elvetik a végtelenséget, hogy elvetik az anyag tulajdonságainak végtelen változatosságát térben és időben. Amikor egyetlen objektumként tárgyalják a világegyetemet, annak bonyolult tulajdonságai leegyszerűsödnek, a világegyetem térben vagy időben, vagy pedig időben is és térben is végessé válik. Tehát az egész világegyetem kiterjedőben van és ez a kiterjedés véges idővel ezelőtt kezdődött.

A világegyetem modelleknek az a tulajdonsága, hogy kiterjedőben vannak, nem a megfigyelésekből következik. Ez kizárólag elméletileg talált tulajdonság, amely teljes egészében a világegyetem végtelenségének elutasításából ered. Ez az elutasítás nincs kifejezetten posztulálva, de minden kétséget kizárólag benne van *Hermann Weyl* ama koncepciójában, mely a világegyetem invarianciájára vonatkozik.

A világegyetem modellek kiterjedése szükségszerűen a színképvonalak vörös eltolódásában juthat kifejezésre, amely eltolódás a távolsággal növekszik. A megfigyelt vörös eltolódást azonosították a homogén és izotrop világegyetem modellek alapján elméletileg feltételezett eltolódással és ebből arra következtettek, hogy a világegyetem kiterjedőben van. Ezen elmélet szerint és tekintetbe véve a csillagászati távolság-skálák legújabb revízióit, a világegyetem kiterjedése három-négy milliárd évvel ezelőtt kezdődött volna el. Minden csillagászati objektum: a Nap és a bolygók, a csillagok és a csillagrendszerek, a galaxisok és a galaxishalmazok,

az intersztelláris anyag és a kozmikus sugarak ugyanebben az időszakban egyidejűleg keletkeztek volna.

Számtalan érvet sorakoztattak fel ennek az elméletnek az igazolására. Most pedig vegyük szemügyre ezeknek az érveknek a gyengeit.

1. Először is az anyag eloszlása a térben se nem homogén, se nem izotrop. *Shapley* megfigyelései már 1938-ban nagymérvű egyenlőtlenségekre utaltak a galaxisok térbeli eloszlásában a déli félgömbön. A galaxisok megszámlálásából arra a tendenciájukra utalt, hogy halmazokban, asszociációkban, sőt szupergalaxisokban csoportosulnak.

2. A műszerek tökéletesedésével a galaktikai térben az anyag új létezési formáit fedezték fel: igen halvány és aránylag kevés csillagból álló galaxisokat, intergalaktikus abszorbeáló anyagok zónáit, továbbá a galaxisokat egymással összekötő fényes sávokat. Ez *Zwicky*-t arra indította, hogy újra felbecsülje az anyag térbeli sűrűségét. A régi 10^{-28} g/cm³ vagy 10^{-29} g/cm³ sűrűség helyett a sűrűség 10^{-26} , sőt 10^{-25} g/cm³ értéket is elérhet. Ilyen sűrűségek mellett az Einstein-féle világegyetem sugara 140, illetve 45 millió fényév. De biztos, hogy a legnagyobb teleszkópokkal a teret két milliárd fényévnyi távolságig át tudjuk kutatni. Összeegyeztethetetlen tehát egymással az általános relativitás-elméletből levont következtetés és az anyag megfigyelt térbeli eloszlása.

3. *Zwicky* a szinképvonalak vörös eltolódása kérdésének megoldására kísérleti próbát keresett. Hogy a kísérlet helytálló legyen, függetlennek kell lennie a távolságmeghatározásoktól. Ez a kísérlet a galaxis halmazok tanulmányozásán alapul.

Még 10 évvel ezelőtt is csak néhány tucat galaxis halmazt ismertünk. Jelenleg ezernyi ilyen halmazról van tudomásunk, melyeket a Palomár-hegyi nagy Schmidt teleszkóp segítségével fedeztek fel. Ez lehetővé teszi azt, hogy statisztikai vizsgálatokat végezhessünk ezekre a halmazokra vonatkozólag.

Zwicky úgy tanulmányozta a galaxishalmazok számát, mint szögátmérőjük függvényét. A γ és $\gamma + d\gamma$ közötti szögben látott halmazok számának arányosnak kell lenni $\frac{1}{\gamma^2}$ -el, ha a galaxisok valóban nem távolodnak tőlünk. Ha pedig a galaxisok távolodnak tőlünk, akkor az $\frac{1}{\gamma^2}$ törtet helyettesíteni kell a $[1 - (\gamma)/c]^{-3}$ tényezővel, a 20 ívpercnyi szögnél pedig a $v = 60\,000$ km/sec.⁻¹, a helyesbítő tényező: 2. A párizsi Institut d'Astrophysique egyik legutóbbi konferenciáján *Zwicky* bejelentette, hogy a 400 galaxisra

kiterjedő statisztikai vizsgálatok során az $\frac{1}{\gamma}$ helyesbítő tényezőt nem tartja szükségesnek.

4. A galaxisok tekintetében kb. 500 radiális sebességet ismerünk összesen. Ezenfelül ezeket a radiális sebességeket éppen az intergalaktikus tér legátlátszóbb részeiben határozták meg. Minthogy nem mérték meg, nem tudjuk, milyenek lehetnek a radiális sebességek az ég más részein. Nagyon oktalannak látszik, hogy általános törvényt vezessünk le olyan megfigyelési anyagból, amely millióból legfeljebb egy galaxishalmazra terjed ki.

Zwicky megemlítette, hogy egy 3 galaxisból álló csoportban, amelynek tagjait fényes anyagvonulatok kötik össze és így biztosan a tér ugyanazon részében vannak, 2 galaxisnak a 7000 km/sec., a harmadiknak pedig 129 km/sec. eltolódása volt. Már ez a teljesen rendkívüli sajátosság egymagában is a legnagyobb kétséget támasztja a vöröseltolódásnak a távolságtól való függésére vonatkozó Hubble—Humason-féle törvénnyel szemben.

Ezekhez a megfigyelésekből levont érveihez néhány elméleti érv csatlakozik.

5. Az elképzelt homogén világegyetem modellek egyike sem stabil egy lokális perturbációval szemben. A sűrűség lokális növekedése tovább folytatódik. A sűrűség lokális ritkulása növekedik. Ebből következik, hogy a homogén világegyetemnek még a hipotézise is már ellentmond önmagának. Ha ilyen világegyetem létezne, nem maradhatna homogén.

6. Úgy tűnik, hogy a galaxishalmazok statisztikus egyensúlyban lévő rendszereket alkotnak. A legnagyobb galaxisok a központ felé különülnek el, a galaxisok eloszlása egyensúlyi eloszlás, magának a halmaznak a gravitációs terében. Tehát ennek az egyensúlynak az eléréséhez szükséges idő legalább egy nagyságrenddel nagyobb, mint az úgynevezett kiterjedés ideje (10^{11} év $3 \cdot 10^9$ évvel szemben).

7. A földi radioaktív elemek, nevezetesen az urán, több mint 7 milliárd évvel ezelőtt alakultak ki. A Naprendszernek a Földön és a meteoritekben talált radioaktív elemei kialakulásának megmagyarázásához nincs okunk feltételezni, hogy az egész világegyetem egyszerre ment át azokon a különleges hőmérsékleti és sűrűségi állapotokon, amelyek az elemek kialakulásához szükségesek. Tudjuk, hogy Gamow különösképpen védelmezi az elemeknek egy egyefemes ősközezből való kialakulásának elméletét. Márpedig egyáltalán nem szükséges, hogy a magas — több milliárd fokal — hőmérsékleti feltételek egyetemesek legyenek. Elég, ha ezek a feltételek 5 milliárd évvel ezelőtt a térnek csak korlátozott részében voltak meg és létre-

hozták azt az anyagot, amelyből később a Nap és a Naprendszer kialakult.

Nyilvánvaló tehát, hogy a világegyetem kiterjedésének kreacionista elmélete többé nem tartható. Mindazonáltal legújabban még sokkal fantasztikusabb elméletek is napvilágot láttak. A világegyetem kiterjedését hirdető elmélet néhány ellentmondásának tudatában *Hoyle*, *Bondi*, *McCrea* megkísérelte ezek megoldását. Hogy régebbre telessék a galaxisok és galaxisrendszerek kifejlődésének idejét, feltették, hogy a világegyetem sűrűsége állandó marad az anyag állandó teremődése folytán, amelynek mértéke literenként és milliárd évenként 1 proton. Ezt a teremődést azzal a „tökéletes” kozmológiai elvvel igazolják, mely szerint a világegyetem minden pontban és minden időben ugyanolyan. Ez az elv a kiterjedéssel szemben csak az anyag teremődésével tartható fenn. De amint azt már 1953-ban *Dingle* professzor, a Royal Astronomical Society elnöke megjegyezte, itt nem elvről van szó és ez az elv sem tökéletes. A szerzőknek, vetette szemükre *Dingle* professzor, csak az ajkukon van a tudomány szó, de tanulmányozniuk kellene a tudományok történetét ahhoz, hogy megtudják: mit jelent ez a szó. A tudomány a természeti folyamatokon uralkodó törvények felfedezése, a tudomány azt állítja, hogy ezek a folyamatok az ember számára megismerhetők akkor, amikor a folytonos teremítés folyamatát lényegében megismerhetetlennek állították, mivel különben nem lenne teremítés.

Nincs nagy jelentősége annak, hogy a pápa 1951-ben elítélte az anyag állandó teremítésének elméletét és előnybe helyezte a *fiat lux* jelszót, amely mellett *Lemaitre*, *Eddington* és *Gamow* szállt síkra. Mindezen elméletekben kísérletet látunk arra, hogy tudatosan vagy nem tudatosan újra idealista, kreacionista koncepciókat vigyenek be a tudományba. Csak a materialista koncepciók, a világegyetemben végbemenő természeti folyamatok lelkiismeretes, objektív tanulmányozása, az anyag mozgástörvényeinek kutatása teheti lehetővé a csillagászoknak, hogy feltárjuk az égitestek kialakulásának körülményeit. A gyors fejlődésben s annak a válságnak a jellegzetes állapotában levő jelenségeknek a tanulmányozására, amely az ellentétes erők közötti konfliktus megoldására utal, az ellentétek felkutatása a dolgok lényegében, az igyekezet, hogy ne abszolutizáljuk a relatív igazságokat, hogy ne tulajdonítsunk nemlétező tulajdonságokat az anyagnak, teszi lehetővé, hogy megtaláljuk a világok keletkezésének körülményeit.

A természeti törvények kutatása terén végzett lankadatlan munkájukkal az egész világ tudósai szerencsésen járulnak hozzá ahhoz, hogy megtalálják az ember és a Föld helyét a Világegyetemben.

NAPFOGYATKOZÁSOK GEOMETRIÁJA

Ekliptika a neve az égbolt-gömbre képzelhető legnagyobb körök közül annak, amely mentén a Nap az év folyamán a Földet körbejárni látszik. Ezen kör síkjában történik természetesen a Földnek napkörüli tényleges mozgása. Az „ekliptika” a görögből származik, ahol a szó eredetije fogyatkozást jelent; mert nap- vagy holdfogyatkozás csak akkor jön létre, ha a Hold földkörüli vándorlása során az ekliptika irányába vagy legalábbis ennek közelébe kerül. Tehát az ekliptikát a fogyatkozások körének is nevezhetnénk.

Újhold időpontja akkor van, amikor a Hold középpontjának az ekliptika síkjára merőleges vetülete, a Hold keringése közben éppen a Nap és Föld középpontjait összekötő egyenest keresztezi. Nyilvánvaló, hogy *napfogyatkozás* mindig csak ezidőtájt következhetik be. Hiszen ez a jelenség abból áll, hogy a Föld egyes részei elől a napkorongot, illetve annak legalább egy darabját a Hold eltakarja.

Könnyű belátni: ha a Hold az ekliptika síkjában keringene, havonta, minden újholdkor napfogyatkozás jönne létre. Ilyen fogyatkozásoknál a Hold okozta napsugárnyékkúp tengelye is állandóan ebben a síkban maradna. Tehát ez a tengely-egyenes a Hold keringése folytán előálló ingaszerű elmozdulásakor mindig átszelné a Föld felületét. Így minden alkalommal úgynevezett *centrális fogyatkozás* keletkezne. Mert mindazon pontokból, ahol csak az árnyékkúp tengelye a földfelszint (kívülről) éri, a fogyatkozás *centralitási pontjaiból* nézve a holdkorong középpontját a napkorong egyik átmérőjének irányában, azaz centrálisan látnók elvonulni.

Azt az időpillanatot, amelyben a Hold a napkorongot legjobban eltakarja, a *fogyatkozás közepének* mondjuk. Ez a különböző megfigyelőhelyeken általában máskor következik be. Nyilvánvaló, hogy a centralitási pontokban ilyenkor (amikor is a fogyatkozás közepe helyett centralitást is említhetünk) a nap- és holdkorong középpontja éppen egybeesik. A centralitási pontok által alkotott *centralitási vonalon* a centralitás főpontjainak azt a három földfelületi pontot nevezzük, ahol a fogyatkozás centralitása éppen a napkorong középpontjára vonatkozó napkeltekor, deleléskor és nap-

nyugtakor következnek be. Ezeket a rövidség kedvéért rendre a *k-d*, ill. *n-főpontoknak* fogjuk hívni.

Már egyszerű számítással* megbecsülhető, hogy kb. mennyi ideig tart, amíg az árnyékkúp tengelye végigfut a centralitási vonalon. A Hold, és látszólagosan a Nap is Földünk középpontjából nézve nyugat- dél- keleti irányban kering. Így az árnyékkúp a Föld és Nap között is arra tart. A naponkénti átlagos elmozdulás a Napnál 1° , míg a Hold ekliptikára merőleges vetületénél $13,5^\circ$. Pontosabban: $0,95^\circ$ és $1,02^\circ$, illetve kb. 12° és 15° között váltakoznak ezek az elmozdulások annak megfelelően, hogy a Föld hol távolabb, hol közelebb van a Nap- ill. Holdhoz. A szögelfmozdulások nagyságának változása mintegy $\frac{2}{3}$ részben a II. Kepler-törvény értelmében létrejövő tényleges sebességkülönbségektől ered és csak a többi származik attól, hogy közben a látószög is megváltozik.

A holdkorongnak tehát az ekliptikával párhuzamos elmozdulása a napkoronghoz képest átlagosan naponta $13,5^\circ - 1^\circ = 12,5^\circ$. Ugyanennyi a Földről nézve az árnyékkúp tengelye azon pontjának egy-napi szögelfmozdulása is, amely egybeesik a Hold középpontjával.

Így, ha a $\frac{12,5^\circ}{24} \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$ értéket a Föld-Hold középtávolságával megszorozzuk, megkapjuk az árnyékkúp tengelyének óránkénti sebességét „a Hold helyén”. Mivel a Nap és Hold Földtől való távolságainak aránya mindig 360 és 426 között van (mindkét égitest közepes távolsága esetén: 389), ezért a vázolt kis számítás eredményeként adódó sebesség ennek mindössze kb. $\frac{1}{4}\%$ -ával lesz kisebb annál, amennyivel az árnyékkúp tengelye Földünkön átsuhan. Ebből az is kitűnik rögtön, hogy az árnyékkúp tengelyének (a tengelyre merőleges) sebessége (v_i) a Föld bármely helyén, — amennyiben ennek forgásától eltekintünk — azonosnak tekinthető, hiszen v_i értéke még a Föld sugaránál kb. hatvanszoros távolságban is (a Holdnál) alig más. Ha a Hold pályasíkjának az ekliptika síkjához való hajlását is figyelembe vennénk, (amely $4^\circ 57'$ és $5^\circ 19'$ szélső értékek között ingadozik) úgy ez a végeredményt ugyancsak jelentéktelenül, csupán mintegy 4%-kal növelné. (Ti. így a fentieknél $12,5^\circ$ helyett ennek $1/\cos 5,2^\circ = 1,004$ -szeresét kellett volna használni.)

Mindenesetre az árnyékkúp tengelye olyankor is, amikor a lehető legkisebb sebességgel halad, tehát, ha a Hold a Földtől leg-

* Felhívjuk az olvasó figyelmét: jelen írást, a tárgykör sajátossága miatt úgy lehet legkönnyebben követni, ha olvasás közben, a szöveg nyomán megfelelő egyszerű rajzvázlatokat készítenek, sőt néhol bizonyos hozzávetőleges utánaszámolást is eszközölnek.

távolabb, míg a Föld a Naphoz a legközelebb van, még akkor is óránként 3000 kilométeres sebességnél gyorsabban metszi át Földünk középpontját. Az árnyékkúp tengelyének sebessége azonban itt mindig kisebb, mint 4000 km/óra.

Az egész Földet tekintve a centralitás ideje nyilván akkor tarthat legtovább, ha az árnyékkúp tengelye leglassabban és amellet leghosszabban, tehát egy átmérő (12 755 km) mentén szeli át Földünket. Ebből az következik, hogy 4 és $\frac{1}{4}$ óránál rövidebb ideig tart, míg az árnyékkúp tengelye a centralitási vonal egyik végéről a másikig eljut. A centralitási vonal két végpontja ott van, ahol először és utoljára éri a földfelületet az árnyékkúp tengelye. Ez ekkor nyilván a földfelület egy-egy érintőjével esik egybe, vagyis a horizontban fekszik. A Nap azonban állandóan az árnyékkúp tengelyén van. Így a centralitási vonal végpontjaiban a centralitás időpillanatában vagy napkelte, vagy napnyugta van. Megállapodásunk értelmében azt is mondhatjuk, hogy a centralitási vonal végpontjai k - vagy n -főpontok.

Ha úgy tekintjük, hogy az árnyékkúp tengelye egy síkban mozogva metszi a Földet, akkor a Föld két sarka ezen síknak vagy különböző, vagy ugyanazon oldalára esik. Az árnyékkúp tengelye a Föld középpontjához képest mindenkor lényegesen gyorsabban mozog, mint a Föld forgása következtében bármely földi pont, ezért a centralitási vonal mentén az első, sokkalta gyakoribb esetben az n -főpont a k -tól számítva mindig keletre fekszik. A tavaszi és őszi napéjegyenlőség idején, amikor a Nap az egyenlítő síkjában van, csak ilyen helyzet állhat elő. A d -főpont az n - és k -pontok között természetesen mindig csak ott lehet, ahol az árnyékkúp tengelye a Föld forgási tengelyét metszi, mert a d -főpontnak azt a helyet neveztük, ahol a Nap a centralitáskor éppen a meridiánban áll, ennek síkja azonban a meghatározás szerint tartalmazza a Föld forgástengelyét.

Ha az említett második esetről van szó, vagyis az árnyékkúp tengelye nem a Föld két sarka között halad el, akkor előfordulhat az is, hogy az árnyékkúp tengelye hamarabb elhagyja a Földet, mielőtt még a Föld forgási tengelyét keresztezné, vagy már csak ennek megtörténte után éri el először a Föld felületét. Tehát a d -főpont hiányozni fog. Kis utángondolással könnyen belátható, hogy ilyenkor a centralitási vonal mindkét végpontja vagy n -, vagy k -főpont. Amennyiben a Föld forgási tengelyét, illetve ennek földönkívüli meghosszabbítását az árnyékkúp tengelye a Földtől való távolodása közben metszi csak, úgy k -főpontok keletkeznek. Közülük a korábbi

mindig messzebb van a sarktól, mint a későbbi. Míg, ha ennek el-
lenkezője következik be, akkor a centralitási vonal n -főponttal kez-
dődik és azzal végződik is. Ilyenkor az utóbbi az alacsonyabb föld-
rajzi szélességű. Ha az árnyékkúp tengelye a Föld forgási tengelyét
nem a Földön belül metszi, de előtte is, utána is éri a Földet, úgy
a d -főpont a Nap alsó delelésére, az „éjféle Napra” vonatkozik, és
a Föld felületén a k - d - n főpontok, ebben a sorrendben egymáshoz
képest keletről nyugatra és a Föld sarkaitól nem messze fekszenek.

De milyen lassan tud haladni a centralitási pont a Föld felü-
letén? A földi egyenlítőn (azaz a 0° földrajzi szélességnél) fekvő
helyek a Föld forgása következtében óránként 1674 kilométert tesz-
nek meg. Minél inkább nő az egyenlítőtől való távolság, más szóval,
ha a földrajzi szélesség (φ) számértéke magasabb, annál kisebb ez
a sebesség (v_φ). A tétitőknél ($|\varphi| = 23,5^\circ$) 1535, a sarkköröknél
($|\varphi| = 66,5^\circ$) 668 km/óra. Az egyenlítőmenti sebességet (v_0)
a földrajzi szélesség *cosinus*zával szorozva kapjuk ezeket az adato-
kat ($v_\varphi = v_0 \cos \varphi$). A Föld nyugatról keletre forog és a Föld leg-
nagyobb részén és legtöbbször ilyen irányban mozog a centralitási
pont is a földfelületen. Ezért ennek sebessége (v) általában lényeg-
esen kisebb is lehet, mint az esetben volna, ha a Föld nem forogna.

Annál lassabban fog haladni a centralitási pont a Föld felületén,
mennél nagyobb a centralitás helyén a földfelület egyező irányú
sebessége (v_u) és az árnyékkúp tengelyének hajlásszöge a centrali-
tási vonalhoz (χ). Egyszerű geometriai megfontolásból következik,
hogy a $v = v_t / \sin \chi - v_u$ formulával fejezhető ki a számszerű ösz-
szefüggés. Mert, ha a Föld nem forogna, úgy v_t -nek a centralitási
vonalba eső $v_t / \sin \chi$ nagyságú vetülete adná mindig a centralitási
pont sebességét. Míg ahol a Föld felülete és az árnyékkúp tengelye
egyező irányban mozog, ott a földfelület forgási sebességének (v_φ)
a centralitási vonallal párhuzamos összetevőjét (v_v) le kell vonni.

Ha a centralitási vonal és a földi párhuzamos (szélességi) kö-
rök hajlását mindig azzal a 180° -nál nem nagyobb szöggel (α) adjuk
meg, amelynek szárai a két mozgás irányát jelölik ki, úgy ezt a
számításbaveendő sebességösszetevőt (v_v) a kérdéses helyen érvé-
nyes (lineáris) forgási sebességnek (v_φ) és ezen szög *cosinus*ának
a szorzata szolgáltatja ($v_v = v_\varphi \cos \alpha$). Az így számított sebesség
mindig levonandó a centralitási pont nem forgó Földre érvényes
sebességéből ($v_t / \sin \chi$). Ez a „kivonás” az esetek egy részénél (ha
 $\cos \alpha < 0$, azaz negatív) a végeredményt nem csökkenti, hanem még
növeli. Csak ott fordulhat ez elő, ahol a centralitási vonal kérdéses
részén a centralitási pont a leggyakrabban megvalósuló helyzettől

eltérőleg éppen nyugatabbra fekvő helyek felé mozog. A sarkkörök környékén, elsősorban ezeken belül következhet be ilyen eset csupán. Akkor történhetik ez meg, ha a fogyatkozás a „világos éjszák” idejére esik. Magas földrajzi szélességnél azonban a földfelület forgási sebessége már aránylag oly kicsi, hogy a centralitási pont sebessége nem sokat tér el attól, amekkora nyugvó Föld esetén volna.

A lehető legeslegkisebb, az óránként kb. 1 400 km-es sebesség ott következik csak be, ahol v_0 maximális, tehát a centralitás d-főpontja az egyenlítőn van, és emellett az a feltétel is teljesül, hogy abban a pontban a centralitási vonal és az egyenlítő érintője egybeesik. A mondottak és a közölt számadatok alapján azonnal látható, hogy azonos körülmények között a centralitási pont sebessége durván véve átlagosan kb. kétszer akkora a pólusok környékén, mint az egyenlítőn.

Könnyen kiszámítható, hogy mekkora a Hold árnyékának mérete. Teljes napfogyatkozás természetesen csak úgy jöhet létre, ha az árnyékkúp metszi a Földet. Először arra a kérdésre válaszoljunk, hogy hova eshet az árnyékkúp csúcsa, amelyet a továbbiakban egyszerűen V-pontként fogunk emlegetni. Tájékozódásul elegendő, ha azt számítjuk ki, hogy amennyiben a Föld, Hold és Nap középpontjai éppen egy egyenes mentén állnak, milyen messze van a földfelülettől a jelen helyzetben ugyancsak ebben a vonalban fekvő V-pont. A V-ből kiinduló Holdat és Napot érintő egyenes érintési pontjai és az égitestek középpontjai két hasonló derékszögű háromszöget alkotnak, melyeknél a V csúcspont közös. Jelentse s_H és s_N a V-nél lévő szöggel szembeni befogókat, azaz a Hold és a Nap sugarát, míg t_H és t_N ezen égitestek középpontjainak a Föld középpontjától való távolságát, t pedig az árnyék hosszát, vagyis azt, hogy a V-pont milyen messze van a Hold középpontjától. Így:

$$t = \frac{s_H}{s_N - s_H} (t_N - t_H)$$

A jobboldali adatok számértékei ezer kilométerekben kifejezve: $s_H = 1,7$, $s_N = 695$ és $(t_N - t_H)$ közepes értéke = 149 074, amely még 2500-zal sem lehet több, vagy kevesebb a Föld-Nap távolság évi változásának megfelelően. (t_H mindössze 50-re rugó hónapos változását itt nincs értelme figyelembe venni, mivel a nagy háromjegyű osztó miatt az, az eredményt, ebben a pontosságban nem érinti.) Ezen értékek behelyettesítésével azt kapjuk, hogy t maximálisan 379, minimálisan 367. Hasonlítsuk ezt a két számot össze a t_H lehet-

séges legkisebb 357 és legnagyobb 407 (és ugyancsak ezer kilométerekben megadott) számértékeivel.

Azonnal látható, ha még figyelembe vesszük azt is, hogy a Föld sugara nem sokkal több, mint 6 ezer kilométer, hogy amikor a Hold földközelpontban, de ugyanakkor a Nap földtávolban van, az árnyékkúp vége jóval a Föld mögé nyúlik ki és $(379 - 357 - 6 = 16)$ miatt) a V-pont és a Föld közé akár még egy Föld is bőven elférne. Ezzel szemben, amikor a helyzet fordított, a Naphoz legközelebb vagyunk és egyben a Hold földkörüli hónapos útján olyan helyre jut, ahol legmesszebb van tőlünk, úgy a Hold árnyéka korántsem ér el a Földre. Majdnem három Föld átmérőnyire van ilyenkor a V-pont a földfelület fölött (mivel: $407 - 6 - 367 = 34$). Ekkor és minden más hasonló esetben, amikor az árnyékkúp túlságosan rövid és ezért nem metszi a Földet, a fogyatkozást *gyűrűsnek* mondjuk, mert így a centralitáskor a holdkorong körül a napfelületből szabályos gyűrűalakú csík marad látható.

Előfordul olyan fogyatkozás is, hogy az árnyékkúp a Föld felületének a Holdtól távolabbra eső részeire nem ér el ugyan, de ugyanakkor a közelebbieket már átszeli. Tehát a fogyatkozás a Föld bizonyos helyein teljes, más vidékeken azonban csak gyűrűs. Ezen *gyűrűs-teljes* fogyatkozások száma nagyobb valamivel, mint az összes többi gyűrűs és teljes fogyatkozások együttes számának 7%-a.

A gyűrűs fogyatkozások gyakoribbak a teljeseknél. Erre kell következtetnünk már a fenti számokból is, amelyekből látható, hogy „átlagban véve” a V-pont a Hold és földfelület közé esik. A megfelelő szélső értékek középértékei: $\frac{1}{2} (379 + 367) = 373$, ill. $\frac{1}{2} (357 + 407) = 382$ és vonjuk le az utóbbiból a Föld sugarát ($382 - 6 = 376$). Így azonnal kiviláglik, hogy a földfelületnek a Holdhoz legközelebbi pontja átlagosan (mintegy $376 - 373 = 3$ ezer kilométerrel) távolabbra van a Holdtól, mint az árnyékkúp csúcsa.

Tekintsük a tárgyalat lehetőségei közül azt, amikor a Föld, a Hold és a V-pont között van, és az árnyékkúp csúcsa a legtávolabbra esik a centralitási ponttól, amely ekkor d-főpont, méghozzá olyan, ahol a Nap (és természetesen vele együtt a Hold is) éppen a zenitben áll. Az árnyékkúp tengelyére merőleges és a centralitási vonalat érintő síkból ilyen esetben az árnyékkúp kört vág ki. Ennek átmérőjét az imént vázolt elemi geometriai számításhoz hasonlóan a t -re kapott maximális érték felhasználásával állapíthatjuk meg. Az eredmény nem egészen 269 km.

Bármikor, bármely centralitási pontban az árnyékkúp tengelyére merőleges síknak és az árnyékkúp palástjának metszési köre, amit (a centralitási ponthoz tartozó) *árnyékkörnek* fogunk hívni, sohasem lehet 269 kilométernél nagyobb átmérőjű kör. A Föld fe-

ületén ekkora távolságok szempontjából a földfelszínt gömbfelület helyett jó közelítésben síknak és így ezen árnyékkörök vetületét, a Hold árnyékát, a Földön általában ellipsziseknek tekinthetjük. Ezen *árnyékellipszisek* középpontja mindig a centralitási pont, kis tengelye megegyezik az árnyékkör átmérőjével (a), míg a nagytengely hosszúságát úgy kapjuk meg, hogy a -t a Nap horizont feletti szögmagasságának *sinusz* értékével elosztjuk. Ebből láthatjuk, hogy alacsony napállásnál, így napkelte- és napnyugtához közeli időpontokban, vagy a Föld egész északi és déli tájain, akár deleléskor is, tekintélyes méretű földrészt boríthat árnyékba a Hold. Ennek ellenére a fogyatkozás nem fog ilyen helyeken sem tovább tartani, sőt sokkal inkább az ellenkezője történik.

A teljes fogyatkozás egy helyen addig tart, amíg az, az árnyékkúp palástján belül marad. Az árnyékellipszis centralitási vonallal leginkább egybeeső átmérője irányában mozog az árnyék. A fogyatkozás tartamát eldöntő ezen átmérő nagyságát ugyanúgy számíthatjuk ki, mint azt az árnyékellipszis nagytengelyével, vagyis a leghosszabb átmérővel kapcsolatban már említettük, csupán a Nap horizontfeletti magassága helyett a centralitási vonal és árnyékkúp tengelye által bezárt szöget kell használni. A d -főpontokban ez a szög 90° , ezért ($\sin 90^\circ = 1$ miatt) itt az árnyékellipszis centralitás vonalmenti átmérője akkora, mint magáé az árnyékköré. A többi centralitási pontokban mindig nagyobb ($a/\sin \chi$) a centralitási ponthoz tartozó árnyékkör átmérőjénél, és pedig annál inkább, menél távolabb van a centralitási pont a d -főponttól.

A fogyatkozás bármely helyen nyilván annál tovább tart, menél lassabban halad ott az árnyékkúp. De a fogyatkozás időtartama a centralitási pont sebességével egyenlő arányban, csak ellentétes értelemben függ még a Hold földfelületre eső árnyékának a centralitás vonal mentén mért hosszúságtól. Ha ezen utóbbi mennyiséget az előbbivel elosztjuk, megkapjuk, hogy mennyi ideig tart a fogyatkozás. Így valamely helyen a teljes fogyatkozás időtartama (τ) a következő formulával adható meg:

$$\tau = \frac{a/\sin \chi}{v_t/\sin \chi - v_v} = \frac{a}{v_t - v_v \sin \chi}$$

Innen igen sok minden kiolvasható. Gondoljuk végig, hogy a teljes fogyatkozás milyen hosszú ideig tart a centralitási vonal különböző pontjaiban. Tekintsünk egy meghatározott fogyatkozást, tehát v számértéke legyen állandó, a többi (a , v_v és χ) adatok azonban a centralitási pont helyzetétől függenek. Az árnyékkör átmérője a , egy fogyatkozás alatt alig változik, csupán a centralitási vonal kü-

lőnböző helyeinek a Holdtól való kissé különböző távolsága miatt nem teljesen azonos mindenütt. Annál kisebb α , mennél alacsonyabban áll a centralitáskor a Nap. v_v változása ott jelentős, ahol a centralitási vonal meredekebben metszi a földrajzi szélességi köröket. χ -értéke, az egész északi vagy déli fogyatkozásoktól eltekintve már tetemesen más a centralitási vonal mentén és így elsősorban ennek nagysága dönti el a különböző centralitási pontokban a fogyatkozás tartamát. Ha v_v is szigorúan állandó volna, akkor mindig a d -főpontokban kellene a fogyatkozásnak leghosszabbnak lenni. A v_v változása miatt azonban a fogyatkozás néhány másodperccel tovább tarthat a d -főpontonól nem túl messze fekvő helyeken.

Ha a centralitási vonal nem nagyon távol halad az egyenlítőtől, úgy ennek végei felé a fogyatkozás nagyjából fele annyi idő alatt játszódik le, mint a centr. vonal közepetáján. Ez a következő becslésből látható. A k - és n -főpontok környékén χ közel zérus, ezért a τ -ra szóló formula nevezőjében még a második, a kivonandó tag is nagyjából elhanyagolhatóan kicsiny, tehát az osztó számértékét majdnem teljesen v_t egyedül szolgáztatja. Ezzel szemben a d -főpontban ($\sin \chi = \sin 90^\circ = 1$ miatt) α -t ($v_t - v_v$)-vel kell osztani. De az előzőekből már közölt sebességekből tudjuk, hogy a szóbanforgó földi helyeken v_t nagyságrendileg kétszerese v_v -nek és így ($v_t - v_v$)-nek is.

A lehetséges leghosszabb teljes napfogyatkozás, amely mindössze kevéssel tarthat tovább 7 és $\frac{1}{2}$ percnél, nyilván csak akkor és ott következhetik be, ahol $v_v \sin \chi$ a legnagyobb, tehát délben és az egyenlítő olyan pontján, ahol a centralitási vonal azzal összeesik. A teljes fogyatkozás tartamára felírt formulára pillantva, elhamarkodottan azt gondolhatnók, hogy mindezek mellett a leghosszabb fogyatkozás akkor következik be, ha α a legnagyobb (tehát közel 269 km) és v_t ugyanakkor legkisebb. De egyidejűleg ez nem állhat fenn, hiszen az első eset holdközelségben, a második holdtávolban valósulhat csak meg.

A megelőzőekből már tudjuk, hogy ha v_t legkisebb, akkor a V -pont legtávolabb van a Földtől és a teljes fogyatkozást keltő árnyékkúp, amit (a rövidség kedvéért) t -kúpnak is nevezhetünk, el sem éri a Földet. A t -kúp palástjának meghosszabbítása révén származtatható kúp azonban éppen ekkor fog a földfelületből legnagyobb darabot kimetszeni. Ezen gy -kúp palástja által határolt területen belül gyűrűs napfogyatkozás van. A t -kúp árnyékkörének megfelelő gy -kúpbeli átmérő ilyen esetekben maximálisan 309 km is lehet. Ezzel az adattal (a τ -ra szóló formulából) az adódik, hogy a gyűrűs napfogyatkozások tartama néha a 12 percet is meghaladhatja.

A centralitási vonaltól merőlegesen távolodva, mind a teljes, mind a gyűrűs fogyatkozás egyre rövidebb lesz. Éspedig olyan arányban, ahogy a fogyatkozási *t*-, ill. *gy*-kúpok palástja által a föld-felületen kijelölt elipsziseknek a centralitási vonallal párhuzamos szelői rövidülnek.

A centralitási vonal mindkét oldalán a legtöbbször 150—200 km széles az az öv, amelyben a fogyatkozás még teljesnek figyelhető meg. A gyűrűs fogyatkozásoknál az ennek megfelelő gyűrűségi öv, amint azt az eddigiekből gondolhatjuk, általában szélesebb valamivel ennél. Sokkal távolabbról a fogyatkozás már csak *részlegesnek* látszik; a Hold a Napnak csupán egy részét fedi el. Nyilvánvaló, hogy minden teljes vagy gyűrűs fogyatkozással részleges is együtt jár. Valamely helyen a *részleges fogyatkozás nagyságát* azzal a számmal fejezzük ki, amely megmondja, hogy a fogyatkozás közepének, azaz a legnagyobb elsötétülés időpontjában a Hold által leginkább eltakart, egységül választott látszólagos napátmérőből milyen hosszú darab tűnik el.

Így az 1954. június 30-i centrális teljes fogyatkozás, amelynek mintegy 150 km széles teljességi öve Budapesttől keletre húzódott, fővárosunkból 0,82 nagyságú részleges fogyatkozásként volt megfigyelhető. Az árnyéksáv a Balti-tengernek Rigától nyugatra eső részén érte el először a Szovjetunió területét és Bakutól délre a Kaszpi-tengeren keresztül hagyta el azt. A centralitási pont ezt a távolságot mintegy $\frac{3}{4}$ óra alatt futotta be. Kiev és Baku még éppen, hogy benne volt a teljességi övben, Kiev a déli, míg a másik nagy város ennek északi határába esett. Rosztovban és Tbiliszipben a fogyatkozás nagysága meghaladta a 0,99-et, de már nem volt teljes. Rosztovtól a teljességi öv délre, míg Tbiliszipől északra feküdt. A fogyatkozás *k*-főpontja nagyjából Észak-Amerika közepére, *n*-főpontja Nyugat-Pakisztánba, míg a *d*-főpont Izlandtól keletre az angol szigetországtól északra, tengerre esett. A részleges fogyatkozás észlelhető volt az északi félgömb szárazföldi vidékének többségéről. Így: Észak-Amerikából ennek egész déli és délnyugati, valamint Alaszka nyugati része kivételével, egész Európában, Afrika északi vidékeiről és Ázsiának nyugati feléből (majdnem az egész Szovjetunióból).

Az 1955. június 20-i centrális teljes fogyatkozás *k*- és *n*-főpontja az Indiai, ill. Csendes-óceán vidékén, mindkettő az egyenlítőnél délre van, míg a fogyatkozás *d*-főpontja a Fülöp-szigetektől nyugatra, a Délkínai-tengeren. Az 1954. évi fogyatkozás teljességi öve a Szovjetunió európai részén kívül más államok szárazföldi területein, ha nem is olyan nagy, de azért jókora darabon haladt keresztül. Így többek között az Észak-Amerikai Egyesült Államokban és a

két skandináv állam déli felében. Ezzel szemben az 1955. évi teljes fogyatkozásnál más a helyzet. Ceylon, a Hátsó-Indiai félsziget és a Fülöp-szigetek egy része kivételével (néhány apróbb jelentéktelenebb szigetet nem számítva) teljes hosszában tengeren halad a fogyatkozási árnyéksáv. A nagyobb városok közül Colombo, Bangkok és Manila fekszenek a teljességi övben.

A Föld felületének az a területe, amelyen belül részleges fogyatkozás figyelhető meg, szintén egy kúp palástján belül van. Ha a Naphoz és Holdhoz mint gömbökhöz meghúзва képzeljük azon összes, ún. belső érintőket, amelyek ezen égitestek középpontjait összekötő egyenes darabot mind metszik, akkor az így keletkező (Holdat körülövező) kúp palástja a Földet a részleges fogyatkozás határvonalában éri el. Ezen r -kúp belseje felé haladva a fogyatkozás nagysága nyilván növekszik. Egyszerű geometriai feladat annak kiszámítása, hogy a Föld helyén az r -kúp palástja a kúp tengelyére merőleges síkból mekkora átmérőjű kört vág ki. Az eredmény természetesen attól függ, hogy mekkora a Nap és Hold távolsága. A legnagyobb érték nyilván akkor adódik, ha a Hold földtávolban és a Nap ugyanakkor földközeli van. Amennyiben a közepes távolságokkal számolunk, akkor a Föld sugaránál kb. 10%-kal nagyobb átmérőt kapunk. Ez már oly nagy méret, hogy azt a görbét, amely egy-egy időpillanatban a részleges fogyatkozás határvonalát alkotja, nem tekinthetjük ellipszisnek.

A szovjet *Csillagászati Évkönyv* nyomán az 1. és 2. ábrákon bemutatjuk a már említett két napfogyatkozás láthatósági viszonyait. A térképek közepén a két közeli párhuzamos vonal a centralitás övét tünteti fel; az 1954. évinél ezek közé még a centralitási vonalat is berajzolták. A legkülső görbék mutatják a fogyatkozások végső határvonalait. Ezeknek egyik darabja, a balkézfelőli (sima) ívek mentén a részleges fogyatkozások éppen akkor érnek véget, amikor a Nap felkelőben van. Innen jobbkéz felé mindkét ábrán először azt a vonalat találjuk, amely feltünteti, hogy hol esik a fogyatkozás közepe napkelteire, majd még odébb menve azon helyet látjuk megjelölve, ahol napkeltekor kezdődik a fogyatkozás. Tehát ez utóbbi vonaldaraboktól balra eső (az 1954. évi térképeken felfelé csúcsosodó, míg a másikon ovális) terület olyan, ahol a fogyatkozás napján a felkelő Nap egy része előtt már ott van a holdkorong. (Azt is mondhatnók, hogy ezeken a helyeken a fogyatkozás már napkelte előtt megkezdődött). A centralitási vonal ideeső vége a k -főpont. Teljesen hasonló a jelentése a most tárgyalt három görbedarab tükörsképére emlékeztető és ábránk jobboldalán látható vonalaknak, azzal a különbséggel, hogy ezek napnyugtára vonatkoznak.

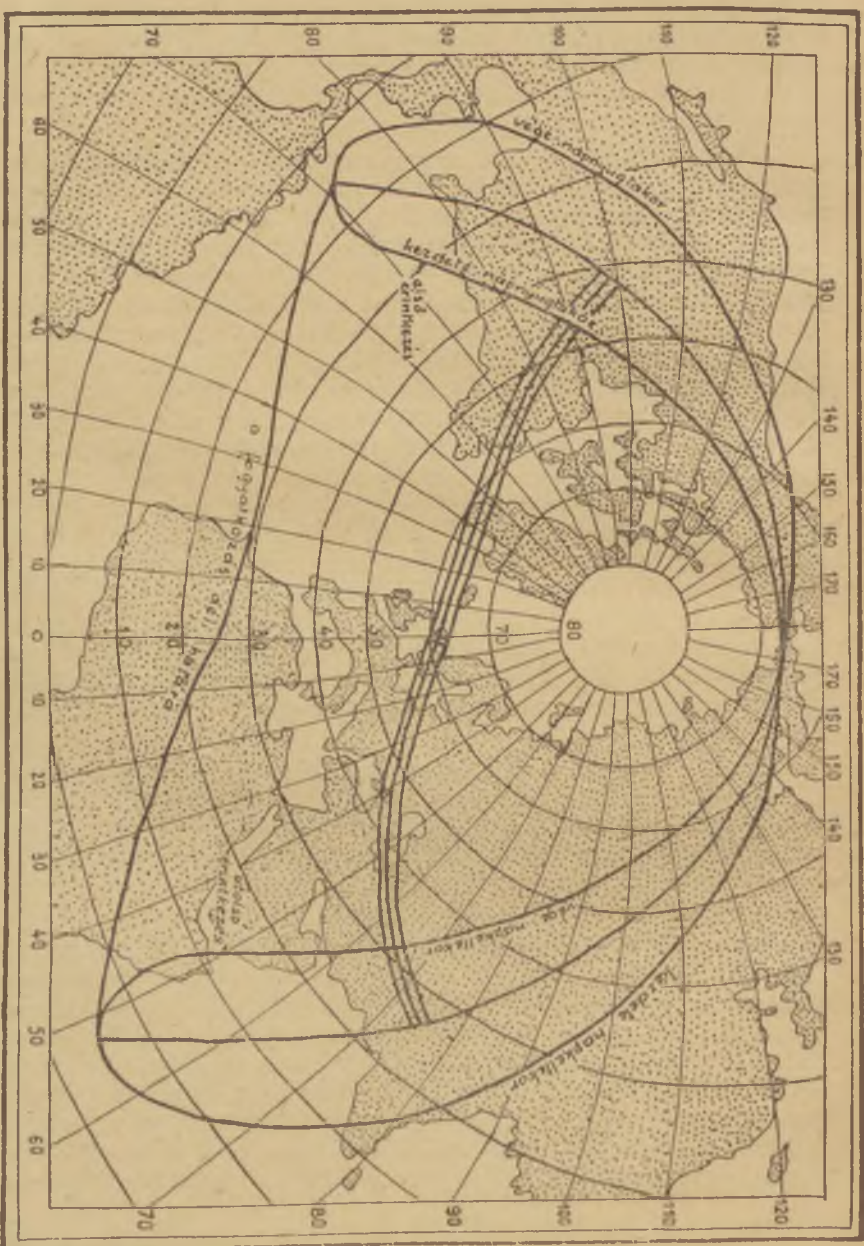
Egy-egy fogyatkozás kezdete és vége az egész Földet tekintve

nyilván ott van, ahol a részleges fogyatkozás kúpja először és utoljára éri, pontosabban e kúp palástja először és negyedszer érinti a Földet. Az 1955-ös teljes fogyatkozás ezen helyeit is feltünteti a 2. ábra. Az imént tárgyalt három-három vonaldarab közül négyen egy-egy karika van közepén ponttal; nem a két szélső, hanem a másik kettő jelöli meg ezt a két helyet. Amint látjuk, ezek nem esnek szükségképpen a centralitás övébe.

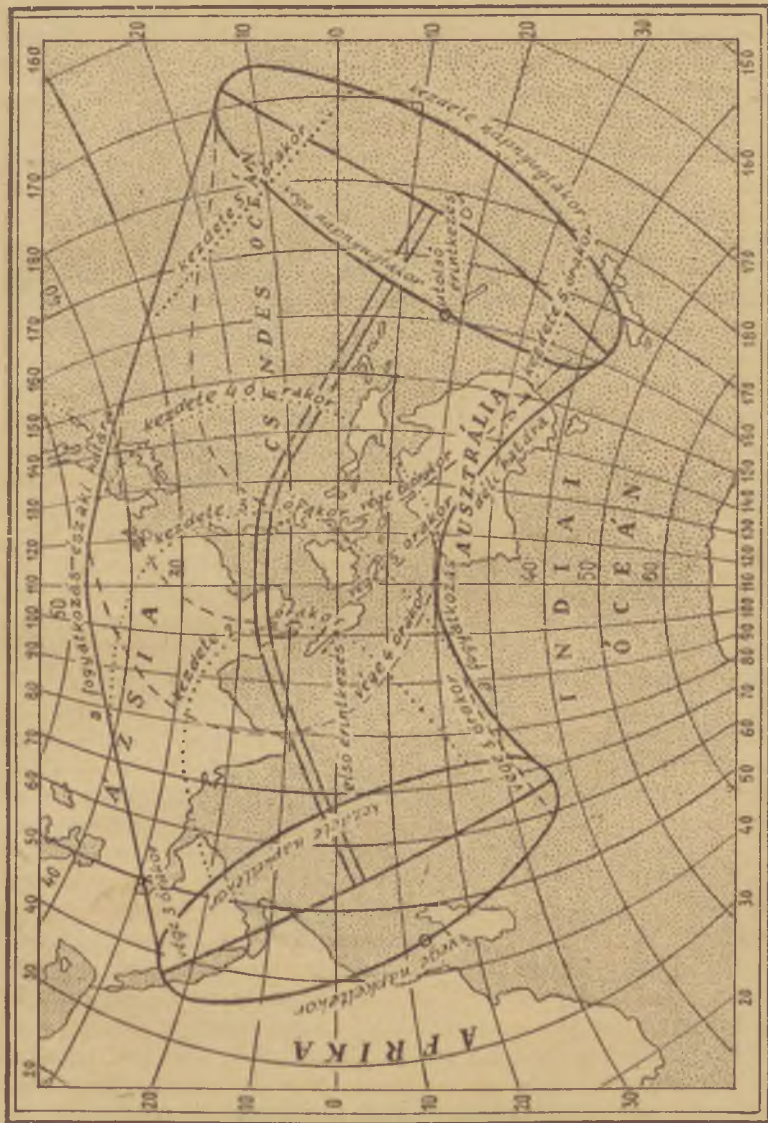
A következőkben nézzük meg mit olvashatunk még le a 2. ábráról. Balról a második karika tünteti fel tehát, hogy a külső nagy fogyatkozási r -kúp palástja, hol éri először Földünket. Greenwichi időben ez 1 óra 33,3 perckor következik be. A balról számított első pontozott görbedarab 2 órakor, (tehát alig $\frac{1}{2}$ órával későbbi időpontban) tünteti fel e kúp palástjának a földfelülettel való metszetét. Ott ekkor kezdődik majd a fogyatkozás. A többi pontozott görbék rendre egy-egy órával későbbi időpontban mutatják ugyanezt. Nem nehéz belátni, hogy a balról első karika a részleges fogyatkozási kúp palástjának a földfelületről való második, míg a harmadik és negyedik karika a negyedik, illetve harmadik érintési pontja. Ezen kúppalást negyedik érintési pontjában (azaz ábránkon jobbról a második karikával jelölt helyen) lesz legkésőbb, 6 óra 47 perckor vége a fogyatkozásnak. A térkép közepetáján fekvő kissé torz kör 4 órakor tünteti fel a szóbanforgó kúp által a földfelületből kihasított részt. Ekkor ezen belül mindenhol több-kevesebb mértékben a Nap előtt lesz a Hold. (A d -főpontban 4 óra 11,5 perckor lesz a centralitás). Ábránk kissé nyomott körének baloldali ívét szaggatott vonal jelzi. Ez és a többi szaggatott vonal és a melléírt időpont a fogyatkozás végére utal. (Az időadatok mind greenwichi időt jelentenek.)

Ez a fogyatkozás, amint a megadott időpontból kitűnik, kb. 5 és $\frac{1}{4}$ óra alatt játszódik le. Az 1954. június 30-i fogyatkozás is továbbtartott valamivel, mint 5 óra. De általában is nagyjából ennyi ideig tart a legtöbb centrális fogyatkozás, hacsak nem esik centralitási vonala túlságosan északra vagy délre. Ez esetben az egész Földre nézve lényegesen rövidebb a fogyatkozás lefolyása.

Egy-egy helyen a fogyatkozás a centralitási öv mentén és ott, ahol a fogyatkozás nagysága még tetemes, kb. 2 óra alatt megy végbe. Ezt a következőkből láthatjuk be. Átlagban a Hold a Naphoz képest 24 óra alatt $12,5^\circ$ tesz meg, óránként tehát $\frac{1}{2}^\circ$ -nál valamivel többet. A hold- és napkorong látószöge azonban ugyancsak $\frac{1}{2}^\circ$ körül ingadozik. A fogyatkozás akkor kezdődik, ha a két égitest körpereme kívülről először érinti egymást. (A szakirodalomban ezt nevezzük első *kontaktus*nak.) A centralitási övből nézve, később az égitestek korongjait határoló körök mind a teljes, mind a gyűrűs fogyatkozás



1. ábra. — Az 1954. június 30-i centrális (és teljes) napfogyatkozás láthatósági viszonyainak térképe. (Az ábrában a szöveg hibás. A „napnyugator” és „napkeltakor” szavakat mindkét helyen fel kell cserélni, hogy a szövegzés helyes legyen.)



2. ábra. — Az 1954. június 20-i centrális (és teljes) napfogyatkozás láthatósági viszonyainak térképe.

esetén belülről újból érintőleges helyzetbe kerülnek (második kontaktus). A két kontaktus között holdátmérőnyi szöggel mozdul el a két égitest egymáshoz képest, tehát közben kb. 1 órának kell eltelni. A harmadik „érintés” után, amely mint már tudjuk, néhány perc múlva zajlik le a második után, az utolsó, a negyedik nyilván újból csak 1 óra leforgása után következik be. A 3. ábra képei szemléletesen tájékoztatnak az említett budapesti részleges napfogyatkozás időbeli lefolyásáról.

Az 1. ábránkon bemutatott térképen az északi fogyatkozási határ lényegesen elüt a most részleteiben megtárgyalt másiktól. A különbség könnyen megérthető. Ennek oka az, hogy az 1954. június 30-i fogyatkozásnál az r -kúp palástjának északi fele már nem szelte át a Földet. Sok fogyatkozásnál van ez így. Előfordulhat az is, hogy a centralitási vonal maga sem halad át a Földön, ezzel szemben a teljességi vagy gyűrűségi öv egy része még igen. Az ilyeneket *nem centrális* fogyatkozásoknak nevezzük. Ezek túlnyomó többsége azonban mindenütt csak részleges. Természetesen, ha a t - vagy gy -kúp nem is metszi a Földet, attól még az r -kúp megetheti azt. Tehát sok fogyatkozás kizárólag részlegesként jelentkezik. (Ha pusztán részleges fogyatkozásról beszélünk, akkor ezalatt mindig ilyent értünk.) Visszagondolva az r -kúp méretére azonnal belátható, hogy az ilyen részleges fogyatkozási övezet nem húzódhatik végig túl alacsony földrajzi szélességű helyeken. A részleges fogyatkozás tehát mindenütt csak viszonylag kis horizontfeletti napmagasságoknál következhetik be.

Rögtön megbecsülhetjük a nem centrális fogyatkozások gyakoriságának viszonyát a centrálisokéhoz képest. Durván szólva centrális fogyatkozás akkor keletkezik, ha a fogyatkozási t -, gy - és r -kúpok mindig egybeeső, közös tengelye a Földet valahol metszi, más szóval, ha ez a tengely egy földátmérőnyi széles térrészen halad át. Nem centrális pedig egész addig létrejöhet, amíg e kúpok tengelye a Föld „fölött” vagy „alatt” nemsokkal messzebb, mint $\frac{1}{2}$ föld-sugárnyira halad el. Hiszen láttuk, hogy hozzávetőlegesen az r -kúp nyílása a Föld helyén általában 10%-kal nagyobb, csak mint a Föld sugara. Tehát e kúptengelynek összesen kb. $\frac{1}{2}$ földátmérő széles területen kell valahol végigfutni ahhoz, hogy részleges fogyatkozás keletkezzen. Mindezekből az következik, hogy a nem centrális fogyatkozások száma kevéssel több is lehet, mint az összes centrális fogyatkozások számának a fele. Becslésünk azonban annyira hozzávetőleges volt, hogy az r -kúpnak a t - és gy -kúpokhoz való tetemes méretkülönbsége miatt a most kimondott laza szabályt érvényesnek tekinthetjük a csak részleges és az összes többi fogyatkozás gyakoriságának számarányára is.

Már az eddigiekből láthattuk, hogy a részleges, gyűrűs és teljes fogyatkozások száma között nemigen lehet nagy eltérés és hogy a teljeseknél gyakoribbak a gyűrűsek, sőt talán azt is gondolhatjuk rögtön, hogy részleges több van, mint gyűrűs. Következtetéseink módja azonban kimondottan valószínűségi jellegű volt. Tehát ezek a megállapítások előreláthatóan és szükségszerűen csak akkor bizonyulnak igazaknak, ha elég hosszú időközök tekintünk. Így például évszázadonként valóban a mondott arányban következnek be a különféle fogyatkozások.

A megelőzőekben főleg azt néztük, hogy a Hold és a Nap hozzánk való helyzetétől függően milyenek a fogyatkozások, és hogyan mehetnek végbe Földünkön. A továbbiakban vizsgáljuk meg azt a kérdést, hogy mikor, miféle sajátosságú fogyatkozás fog ténylegesen bekövetkezni és évente hány lehet.

Képzeljük el azt az f-kúpot, amelynek palástját a Nap- és Földhöz vont összes (külső) érintők alkotják és csúcsa az éjszakai égboltra esik. Tekintsük ennek a kúpnak a Föld és Nap közé eső szakaszát. Teljes vagy gyűrűs napfogyatkozás kizárólag akkor van, ha a Hold ebbe egészen belülré kerül, míg a fogyatkozás csak részleges, ha a Hold az f-kúp palástját csupán átszeli.

(Megemlíthetjük egyébként, hogy amennyiben a Hold ennek a kúpnak a Föld másik oldalára eső részén jut ilyen helyzetekbe, úgy teljes, illetve részleges (umbrális) holdfogyatkozás játszódik le. Természetesen ez mindig csak holdtöltekor következhetik be. Az f-kúp „geometriai” csúcsa Földünkől mindig jóval messzebbre esik, mint a Hold. Tehát a Hold az f-kúp palástját mindig elérheti. A kúp tengelye mindig az ekliptikában van. Az éjszakai oldalon a Hold helyén, a kúp tengelyére merőleges keresztmetszetének jóval kisebb az átmérője, mint a nappali féltekén. Mind ezért, hogy holdfogyatkozás valóban létrejöjjön, a Holdnak jobban az ekliptika közelségében kell lenni annál, mint amennyi szükséges ahhoz, hogy napfogyatkozás keletkezzen. Ebből az látható rögtön, hogy az egész Földet tekintve a holdfogyatkozások kevésbé gyakoriak, mint a napfogyatkozások.)

Azonnal felírhatjuk, hogy ha a Föld középpontjából nézhetnénk, mekkora látószög-határon belül (β) kellene látni a Nap és Hold középpontjait napfogyatkozások alkalmával. A teljes és gyűrűs fogyatkozásnál a határhelyzet nyilván az, amikor a Hold belülről, míg a részleges esetben, amikor kívülről érinti az f-kúp palástját. Jelentse σ_H és σ_N a Hold és Nap látszólagos sugarát, π_H és π_N pedig ezen égitestek (horizontális) parallaxisát, vagyis azokat a szögeket, amely alatt hold-, illetve naptávolságból a Föld sugara látszana. Ezen szögek pusztán összehasonlításából adódik a következő egyenlőtlenség, amely a napfogyatkozás megvalósulásának feltételeit mondja ki.

$$\beta < \pi_H - \pi_N + \sigma_H \mp \sigma_N$$

Az egyenlőtlenség utolsó jobboldali tagjánál a felső (—) előjel a teljes vagy gyűrűs, míg az alsó (+) a részleges fogyatkozásokra vonatkozik. (Az égitestek távolságai és ezen parallaxisok közötti összefüggés: a Föld sugarát a távolsággal osztva nyerjük, mivel kis szögekről van szó, közelítőleg a parallaxist ívmértékben, illetve pontosabban a parallaxis szögének szinuszát.) Az egyenlőtlenség jobboldalán szereplő szögek lehetséges szélső értékeit 1. táblázatunk tartalmazza. A Nap és Hold közepes távolsága esetén az egyenlőtlenségből adódó határszögek $57,3'$, ill. $88,3'$.

1. táblázat

	min.		max.	
σ_N	$15'$	$46''$	$16'$	$18''$
σ_H	$14'$	$43''$	$16'$	$46''$
σ'_N		$8,7''$		$8,9''$
σ'_H	$53'$	$55''$	$61'$	$28''$

A Nap és Hold minimális és maximális látszólagos szögátmérőjének a fele és ekvatoriális horizontális parallaxisa.

Mivel: egyrészt a Hold pályája, mint már szó volt róla, csupán kb. $5,2^\circ$ -os szöggel hajlik az ekliptikához, másrészt a Hold ekliptikára merőleges vetületének mozgása, más szóval ekliptikai hosszúságának változása sokkal nagyobb, mint az ugyanolyan irányban haladó Napé, ennek mintegy 13-szorosa, ezért a megállapított β határszögek mindössze 4‰-et térnek el a Hold ekliptikára merőlegesen mért és újhold idejére vonatkozó szögtávolságától, más szóval a Hold (előjel nélkül vett) ekliptikai szélességétől (β_H).

A Hold pályasíkjának az ekliptika síkjával alkotott metszési vonalát (amely áthalad Földünk középpontján és az ekliptikát két egyenlő részre osztja) *csomóvonalnak* nevezzük. Ennek az ekliptika körével való két metszéspontja közül azt, amelyen, ha a Hold áthalad, az ekliptika sík déli oldaláról az északra lép, felszálló csomónak, a másikat leszálló csomónak hívjuk. Nyilvánvaló, hogy fogyatkozás csak akkor jöhet létre, ha újhold idején a Hold csomóvonalában vagy ennek közelében van. De mekkorának kell lenni ennek a „közelségnek?” Most már könnyen megállapíthatjuk ezt is.

Fordítsuk figyelmünket arra a „háromszögre”, amelynek egyik csúcsa maga a Hold középpontja, a másik ezen pontnak ekliptikára merőleges vetülete, míg a harmadik valamelyik csomópont. Amennyiben újhold időpontja van és fennáll egyenlőtlenségünk is, akkor a kis méretek miatt derékszögű (gömbháromszög helyett jó közelítésben) sík háromszöggel számolhatunk. A háromszög egyik befo-

3. ábra. — Az 1954. június 30-i budapesti részleges napfogyatkozásról készült 6 fényképfelvétel. A M. Tud. Akadémia Csillagvizsgáló Intézete Napfizikai Osztályának felvételeiből. (Fényképezték: Gerlei Ottó, Mersits József és Nagy László)

A 6 felvétel időpontja (középeurópai zónaidőben) jobbról balra:



1. 15 óra 15 perc.



2. 15 óra 29 perc.



3. 15 óra 41 perc.



4. 16 óra 7 perc.



5. 16 óra 30 perc.



6. 16 óra 54 perc.

A fonálkereszt a dél-észak, ill. nyugat-kelet irányt, mászóval a deklináció és rektaszcenzió menetének irányát mutatja. Észak van fent. Nyugat jobboldalt. A fogyatkozás idején a Hold a Naphoz képest óránként keletre 36'-et, délre 5'-et mozgott. (A képben több helyen jól látszik, hogy 1.) a holdperem a holdhegyek miatt egyenetlen; 2.) a napkorong a széleknél jóval kisebb fényességű.)

gója β_H , az ezzel szemközti szög a Hold pályasíkjának és az ekliptika síkjának hajlásszöge, míg a másik befogó a Hold és csomója ekliptikai hosszúságkülönbsége. Egyenlőtlenségünk és az 1. táblázat adatainak felhasználásával kiszámíthatjuk ennek, az ekliptika mentén mért szögtávolságnak kritikus értékeit, a *fogyatkozási határokat*.

Újhold, amint tudjuk, éppen akkor van, amikor a Hold és Nap ekliptikai hosszúsága megegyezik. Ezt felhasználva és az imént körvonalazott számításokat elvégezve a következő fontos eredményeket mondhatjuk ki. Ha a Nap újhold idején $9^\circ 55'$ -nél közelebb van valamelyik holdcsomóhoz, akkor aznap valahol okvetlenül teljes vagy gyűrűs fogyatkozás jön létre. Ha pedig ezen szög értéke $11^\circ 50'$ és $15^\circ 31'$ közé esik, úgy részleges fogyatkozás keletkezik. Amennyiben a Nap és a holdcsomók távolsága újholdkor nagyobb $18^\circ 31'$ -nél, akkor fogyatkozás semmi körülmények között sem következhetik be. Előfordulhat azonban, hogy a holdcsomónak és Napnak ekliptikai hosszúságkülönbsége $9^\circ 55'$ -nél, vagy $15^\circ 21'$ -nél nagyobb, de $11^\circ 50'$ -nél, ill. $18^\circ 31'$ -nél kisebbnek adódik, erre az esetre egyénileg kell külön megvizsgálni, a fenti egyenlőtlenség segítségével, hogy lesz-e fogyatkozás vagy sem.

Két egymásutáni újhold időpontja között, azaz egy szinódikus hónap alatt, a Nap az ekliptika mentén látszólagosan $29^\circ 6'$ -et mozdul el. Gondoljuk egy pillanatra azt, mintha a Hold csomóvonala a térben állandó irányba mutatna, azaz ekliptikai hosszúsága nem változna. Mivel $29^\circ 6'$ kisebb, mint a $15^\circ 21'$ fogyatkozási határ kétszerese, ebből az következne, hogy újhold legalább egyszer, de esetleg kétszer is a csomóvonaltól $15^\circ 21'$ szögtávolságon belül következne be. Tehát évente két alkalommal, mintegy 6 hónaponként okvetlenül legalább 1—1 napfogyatkozásnak kellene lennie. Feltevésünk értelmében, a Nap látszólagos évi mozgása közben majdnem mindig ugyanazon a naptári napokon látszana a holdcsomók irányában, így a fogyatkozások is csupán ezen napoktól 2—3 hetet eltérő időszakokban jönnének létre.

A Hold csomóvonala azonban (tehát pályasíkjá is) egyáltalán nem mozdulatlan. A csomópontok szüntelen körbejárnak az ekliptikán, kb. 18,6 évig tart míg valamelyik csomópont az ekliptikának ugyanazon pontjához visszatér. A csomópontok állandóan nyugatra tartanak, mozgásuk tehát a Hold földkörüli keringéséhez képest éppen fordított irányban zajlik le. $1^\circ 31'$ -et tolódnak el a holdcsomók 29,53 nap, azaz egy közönséges „csillagászati” (szinódikus) hónap alatt. Ezért a Nap keleti irányú látszólagos ekliptikai mozgása során, ennyi időnként $29^\circ 6' + 1^\circ 31' = 30^\circ 31'$ -et mozdul el a holdcsomóhoz képest. De még ekkora változás is kisebb a $15^\circ 21'$ fogyatkozási határ kétszeresénél, $30^\circ 42'$ -nél. Tehát évente okvetlenül van (leg-

alább) 2 napfogyatkozás. A nyugvó holdcsomók feltételezésével tett megállapításokon csak annyit kell helyesbíteni, hogy a fogyatkozások lehetséges időpontjai évről-évre egyre korábbi dátumok felé tolódnak el. Ezért nem meglepő, hogy az 1954. június 30-i fogyatkozás után 1955-ben 10 nappal előbb, június 20-án van egy újabb.

A Nap 346,6 nap alatt ér vissza ugyanahhoz a holdcsomóhoz. Ez az időtartam a *fogyatkozási* (vagy drakónikus)* év. Az elnevezés magától értődő, hiszen láttuk, hogy nagyjából a Nap holdcsomókkal való egybeesésének a szakaszosságával, tehát $346,6/2 = 174$ naponként fognak ismétlődni azok a kb. 5 hetes időközök, amelyeken belül jöhetnek csak létre napfogyatkozások. *Fogyatkozási idények*-nek nevezhetnénk el ezeket az időszakokat.

A fogyatkozási határok nagyságából látható, hogy amennyiben két egymásra következő újhold mindegyikénél egy-egy napfogyatkozás áll elő, úgy közülök az elsőnek mindig a holdcsomótól nyugatra, a másodiknak pedig ettől keletre kell bekövetkeznie. Az is nyilvánvaló, hogy mind a két fogyatkozás csak részleges lehet, mivel a fogyatkozások között a Nap a holdcsomóhoz viszonyítva $30^{\circ} 31'$ -et mozdul el, ami nagyobb távolság, mint $18^{\circ} 31' + 11^{\circ} 50' = 30^{\circ} 21'$. Ebből rögtön az is magától adódik, hogy teljes vagy gyűrűs fogyatkozás előtt és után legalább 5 hónapig nem lehet semmiféle napfogyatkozás.

Egy közönséges naptári évre két vagy három fogyatkozási idény eshetik. Mivel a fogyatkozási év a közönséges évnél alig 18 nappal rövidebb csupán, ezért 6 napfogyatkozás már sohasem lehetséges egy évben, legfeljebb 5. Közülük 4-nek részlegesnek kell lennie. Nagyon ritkán fordul elő 5 napfogyatkozás egy évben, legutóbb 1935-ben volt. Legközelebb azonban csak mintegy négy évszázad múlva lesz újból. 4 napfogyatkozás már lényegesen többször van az év folyamán. Ez két vagy három fogyatkozási idényre oszolhat meg. Az utóbbi esetben az esztendő első fogyatkozása már január elején végbemegy; az utolsó pedig év végén. Így 1954-ben három fogyatkozási idényben 3 centrális fogyatkozás játszódott le. A június 30-i teljesen kívül 2 gyűrűs, január 5-én és december 29-én, mindkettő nem messze a Déli-sarktól volt csak megfigyelhető. Ezzel szemben 1955-re csak két fogyatkozási idény került, a másodikban gyűrűs fogyatkozás lesz december 14-én. Ez érdekes véletlen folytán közel ugyanott lesz látható, mint az év júniusi (különlegesen hosszú) fogyatkozása.

Mint láttuk, a fogyatkozási év vagy helyesebben a fogyatkozási félév nem az egyes egymásra következő fogyatkozások bekövetke-

* Régi, primitív néphit szerint napfogyatkozásokkor sárkány (= drákó) nyeli el a Napot.

zésére, hanem csupán a fogyatkozási idények szakaszosságára vonatkozik. Igen könnyen észrevehetjük azonban, hogy van egy igen érdekes szakaszos ismétlődés a napfogyatkozások lefolyásánál. Ezt a „szárossz”-t már jónéhány évezreddel ezelőtt felismerték.

Természetesen, egy bizonyos határig, a holdcsomóhoz minél közelebb zajlik le a fogyatkozás, annál nagyobb földrészre terjed ki. Különösen vonatkozik ez a részleges fogyatkozásokra, amelyeknek maximális nagysága az újholdak holdcsomótól való távolságától függ. Ha ki akarunk választani a fogyatkozások egymásutánjából olyan kettőt, amely lehetőleg „hasznló” egymáshoz, ennek egyik előfeltétele a most említettek miatt nyilván az lesz, hogy a fogyatkozásokkal kapcsolatos újholdak idején a Nap mindig ugyanolyan távolságban legyen a holdcsomótól. Tehát a fogyatkozási év és a szinodikus hónap tartamának legkisebb közös többszörösét kellene kikeresni.

19 fogyatkozási év = 6585,78 nap. Majdnem ugyanannyi: 223 szinodikus hónap = 6585,32 nap. Ez utóbbi időközt nevezzük szárossznak. A két szám összehasonlítása azt mutatja, hogy amíg a Nap 19-szer tér vissza valamelyik holdcsomóhoz, addig 223 holdfényváltozás megy végbe. Mindössze $0,78 - 0,32 = 0,46$ nappal, tehát még egy félnapnál sem tart tovább a második eseménysorozat az elsőnél. Azt is mondhatjuk, hogy napfogyatkozást 6585 nap elteltével általában újból napfogyatkozás követ. Ez azonban mintegy fél nappal korábban fog bekövetkezni, mielőtt a Nap a holdcsomótól ugyanolyan távolságra kerülne, mint a 6585 nappal azelőtti napfogyatkozásnál. Végül még egy különbségre mutathatunk rá a két fogyatkozás között: az újhold a csomójához képest 28'-cel odább, nyugatra toódik el.

Tekintsünk egy olyan fogyatkozást, amely a felszálló csomó keleti oldalán a fogyatkozási határok által megengedett legszélső helyzetben következett be. Ez nyilván igen „kicsi” részleges fogyatkozás lesz, amely a Föld Északi-sarkvidékén válik láthatóvá. 6585 nap múlva a fogyatkozási határon belül 28'-cel újból fogyatkozás fog bekövetkezni, amely nyilván megint csak részleges lesz és majdnem egészen ugyanazon a földi tájakon fog játszódni. A csekély különbségek mindössze a következők: valamivel nagyobb lesz a fogyatkozás nagysága és valamivel délebbre is megfigyelhetővé válik. Ez így fog folytatódni rendre több mint egy ezredéven át, 6585 naponként. Hogy miért ilyen hosszú ideig, az abból látható, hogy a kétszeres fogyatkozási határokon ennyi időnként 28'-cel odább haladva ilyen nagy idő kell, hogy a végére jussunk. Az utolsó fogyatkozások egy ilyen szárossz-ciklusban már a holdcsomótól „messze” nyugatra jönnek létre és mivel felszálló csomót vettünk tekintetbe,

ezért a Hold ezen „utolsó” fogyatkozások alkalmából már az ekliptika síkjától annyira délre fog állani, hogy a fogyatkozások csak a Föld déli sarkának környékén lesznek láthatóak. Időközben több évszázadon át állandóan teljes vagy gyűrűs fogyatkozások játszódnak le.

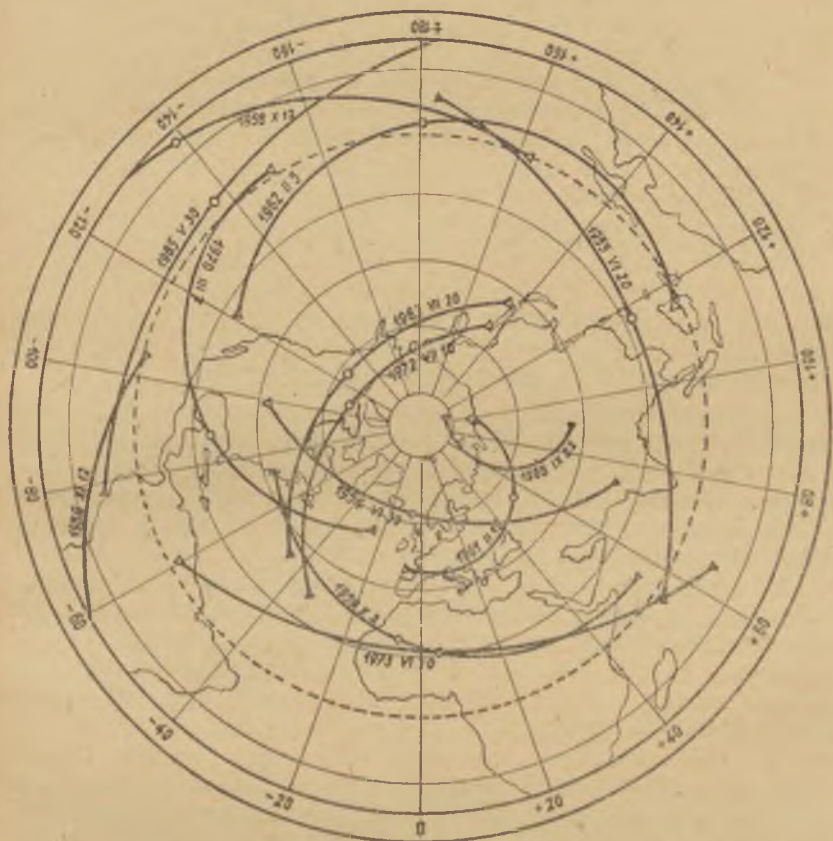
Természetesen általánosan érvényes szabály az, hogy mindazon fogyatkozások, amelyek azonos szároszhoz tartoznak, egyre délebbre figyelhetők meg, ha a fogyatkozások a felszálló csomónál játszódnak le. Egy ilyen ciklus 68—75 fogyatkozást tartalmaz. A fogyatkozási határookra megadott számokból azonnal kitűnik, hogy ezek mintegy egyharmada részleges, kétharmada centrális. Nyilvánvaló, hogy azért nem ugyanannyi az egyes szárosz-ciklusokban a fogyatkozások száma, mivel a ciklusok első ténylegesen bekövetkező fogyatkozásainak nem kell a holdcsomótól egyforma távolságban indulniuk.

Tudjuk, hogy a Hold Földünk körül ellipszis mentén kering, melynek egyik gyújtópontjában van Földünk és ezért változik a hónap folyamán a Hold bolygónktól való távolsága. Ezen ellipszisnek a nagytengelye, tehát a holdközelt és holdtávolított összekötő egyenes helyzete sem változatlan a térben, hanem ez az ún. *apszis-vonal*, majdnem közel 9 év alatt keleti irányban körbeforog. Ezek szerint az az idő (27,55 nap), az ún. *anomalisztikus* hónap, amíg a Hold átlagosan holdközeltől újból holdközelig eljut, nem egyezhet a szinodikus hónappal, annál rövidebb. Érdekes véletlen folytán azonban 239 anomalisztikus hónap megint csak 6585 nap alatt zajlik le. Pontosabban 6585,54 napig tart.

Itt hívjuk fel arra is a figyelmet, hogy ezen időköz majdnem egy kerek közönséges évvel egyenlő. Tehát 19 fogyatkozási év, 18 közönséges, azaz tavaszponttól tavaszpontig számított ún. *trópusi év*vel és 10 (vagy 11) *nappal* egyenlő, (aszerint, hogy közben hány szökőév volt). A szárosz-időköz ezek szerint közelítőleg mind kerek anomalisztikus hónapokból, mind egész trópusi évekből össze-tehető. Ebből látható, hogy az azonos szároszhoz tartozó összes fogyatkozások nagyjából mind ugyanolyan holdtávolban fognak lejátszódni és ugyanez mondható még ki két, sőt három egymást követő fogyatkozásra a naptávolsággal kapcsolatban is, mert az eltérés (a mindössze 10—11 nappal különböző naptári nap) még elenyésző, és így a fogyatkozási árnyékkörök átmérője majdnem teljesen egyforma lesz, tehát a centrális fogyatkozások tartama is közel megegyezik. Különösen áll ez két egymásután következő fogyatkozásra. A centrális fogyatkozás hosszúságát eldöntő másik tényező, a Hold távolsága, gyakorlatilag állandónak tekinthető egy-egy szárosz-cikluson belül. Ezért emiatt teljesen azonosaknak kellene lenni a fo-

gyatkozások egy ilyen sorozatának. Mindezek következménye, hogyha egy szárosz elindulása után a részleges fogyatkozásokat centrálisok váltják fel, akkor ezek vagy mind teljesek, vagy mind gyűrűsek, vagy esetleg majdnem mind teljes-gyűrűsek lesznek.

Láttuk már, hogy az egymásra következő fogyatkozások egy szároszon belül hogyan tolódnak el földrajzi szélesség szerint. Természetesen, ha a leszálló csomónál létrejövő fogyatkozásról van



4. ábra. Az 1954—1973-as évek teljes napfogyatkozásainak (közelítőleges) teljességi övezete.

Üres háromszög a k -, teli háromszög az n -, a kis körök pedig d -főpontok pontos helyeit jelölik, míg az ezeket összekötő ívek hozzávetőlegesen a centralitási vonalakat ábrázolják.

szó, akkor a szárosz folyamán a fogyatkozások rendre a Déli-sarkról az Északi-sarkra húzódnak fel. A földrajzi hosszúságban is nagyjából szabályosan tolódnak el a centralitási vonalak a Föld felületén. Éspedig nyugatra kb. 120° földrajzi hosszúságkülönbséggel fogyatkozásról fogyatkozásra. Ez onnan látható azonnal, hogy a szárosz hosszúsága nem kerek napokból áll, hanem attól $0,32$ nappal eltér, ami 7 óra 41 percnél felel meg. Tehát két egymásra következő ilyen fogyatkozás majdnem nyolc órával későbbi időpontra fog esni. Ennyi időkülönbségnek kb. 120° földrajzi hosszúságkülönbség felel meg. Mivel azonban a földrajzi szélességben az eltolódás azonos szároszhoz tartozó két egymást követő fogyatkozásnál nagyságrendekkel sokkal csekélyebb, így az is azonnal szembeötlő, hogy ha bármikor, bárhol a földön napfogyatkozás van, akkor $3 \times 18 = 54$ évvel később a Föld ugyanazon része közelében újból fogyatkozás lesz észlelhető és hozzá még hasonló lefolyású.

Eddigi következtetéseinket bizonyos régtől fogva jól ismert csillagászati adatok hozzávetőleges értékeinek felhasználásával és tisztán (középiskolai) elemi geometriai következtetésekkel tettük. Így, már a napfogyatkozások keletkezésének és lefolyásának valamennyi főbb tulajdonságait, a mutatkozó szabályokat mind kvalitatív, mind kvantitatív szempontból megtárgyalhattuk.

A fogyatkozásoknak a csillagászat és más rokontudományok, valamint a történelem, ill. kronológia szükségleteinek megfelelő pontossággal való előreszámítása már sokkal bonyolultabb. Erre vonatkozólag meg kell említenünk *Th. Oppolzer* 1887-ben megjelent *Canon der Finsternisse* című klasszikus munkáját. Ebben nyolcezer napfogyatkozás adatait találjuk kiszámítva, melyek az i. e. 1208-tól i. u. 2161-ig terjedő évek folyamán játszódtak le, illetve fognak lejátszódni. A könyv 160 térképe a földfelület északi részét a 30° déli földrajzi párhuzamos körig tünteti fel és a kiszámított k -, d -, n -főpontok helyeit ábrázolja. 4. ábránkon ezen *Oppolzer* térképek nyomán mutatjuk be az 1954-től 1973-ig terjedő évek teljes napfogyatkozásainak körülbelüli centralitási vonalait. (A „körülbelül” szót itt külön kihangsúlyozni szeretnénk, mivel *Oppolzer Canon*-jában ezek, a főpontokkal ellentétben már nem számított vonalak és így csak hozzávetőlegesen áruják el a fogyatkozások teljességi övének fekvését. V. ö. 1. és 2. ábránkat a 4.-kel.) A 4. ábrán szereplő teljes fogyatkozások tartamáról a 2. táblázat nyújt tájékoztatást.

Oppolzer hatalmas műve csak első, fontos adatokat szolgáltat a fogyatkozásokról és körvonalazza lefolyásuk irányát. A legtöbb szempontból már kielégítő pontosságú számításokat, a csillagászati alap-évkönyvek számára a világ egynéhány nagy csillagászati számoló intézete végzi el (mindig évekkel korábban). Az 1905-ös teljes

2. táblázat

	Dátum	Tartama percben
1.	1954 június	30
2.	1955 június	20
3.	1956 június	8
4.	1958 október	12
5.	1959 október	2
6.	1961 február	15
7.	1962 február	5
8.	1963 július	20
9.	1965 május	30
10.	1966 november	12
11.	1968 szeptember	22
12.	1970 március	7
13.	1972 július	10
14.	1973 június	30

20 év alatt lejátszódó teljes napfogyatkozások dátumai és teljességük maximális időtartama. (Az 1. és 13., továbbá a 2. és 14. ugyanazon szároszhoz tartozik).

napfogyatkozás még 17 másodperccel hamarabb zajlott le annál, mint ahogy várták. Az utóbbi két-három évtized óta azonban már a centralitás időpillanatának bekövetkezését 1—2 másodpercnyi pontossággal meg tudjuk előre adni és a fogyatkozási árnyéksávoknak, a fogyatkozási kúpoknak az elhelyezkedését a Föld felületén pedig biztosan nem nagyobb hibával, mint $\frac{1}{2}$ kilométer.

A fogyatkozások előreszámításához igen jól kell tudnunk minden időpillanatban a Nap és a Hold helyét. A Hold szerfölött bonyolult mozgásának kiismerését lényeges, döntő lépésekkel vitték előbbre E. W. Brown elméleti kutatásai. Így a mai, a régebbi lehetőségeknél jóval nagyobb pontosságú előreszámítások csak az 1920-ban kiadott Brown-féle nagy munka, az új holdmozgási táblázatok alapján lehetségesek.

Ezt az írást szerző annak emlékére írta, hogy a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának meghívására és bőkezű vendégszeretetét élvezve alkalma nyílt közreműködni, a Kaukázusban az 1954. június 30-i teljes napfogyatkozás megfigyelési munkálataiban.

Dezső Loránt

HOGYAN MÉRTÉK MEG A HOLD ÉS A NAP TÁVOLSÁGÁT?

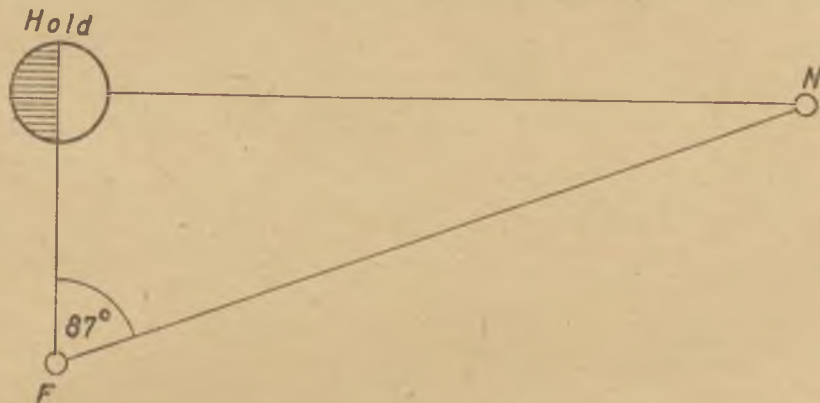
A távolságmeghatározás az ókortól napjainkig a csillagászat egyik alaproblémája. Ez nagyon is érthető, hiszen egy égitestről többnyire azt szeretnénk tudni legelőször, hogy milyen messze van tőlünk. Valamely égitest távolságát azonban nem mérhetjük meg közvetlenül, ahogyan egy mérőrúd vagy mérőszalag segítségével könnyen megállapítható, hogy milyen hosszú egy épület. Világos tehát, hogy a csillagászati távolságmeghatározás mindig kerülőúton történik, és előrebocsáthatjuk, hogy a csillagászok e módszerek ki-találásában mindig nagy leleményességet árultak el.

Egy másik nehézség, mely szintén jellemző az égitestek távolságának meghatározására, az a körülmény, hogy még a legközelebbi égitestek is tulajdonképpen igen távol vannak tőlünk. Ez annyira közismert, hogy az ilyen óriási távolságokat sokan csillagászati távolságoknak nevezik. A különösen ismeretterjesztő írásokban és előadásokban használatos távolságegység, a fényév például 9,46 billió kilométerrel egyenlő. A leggyorsabb lökhajtásos repülőgépnek is mintegy félmillió évre lenne szüksége ahhoz, hogy egy ekkora távolságot megtegyen! (Ezzel szemben a fény, melynek terjedési sebessége 300 000 km/sec, pontosan egy év alatt jut el ilyen messzire, innen az elnevezés.)

Beláthatjuk tehát, hogy az égitestek távolságának megmérése egyáltalán nem könnyű feladat, és nem szabad csodálkoznunk azon, hogy az első megbízható távolságadatok nem régi keletűek. Másrészt igen figyelemreméltó, hogy már az ókor csillagásza elvileg helyes módszereket dolgoztak ki a Hold és Nap távolságának meghatározására.

A Hold távolságának meghatározásával *Arisztarchosz* görög csillagász próbálkozott először, aki az időszámítás előtti 3. évszázadban működött Alexandriában. Elgondolásait *A Nap és Hold nagyságáról és távolságáról* című könyvében írta le. Abból az észrevételből indult ki, hogy első és utolsó negyed idején a Föld, a Hold és a Nap egy derékszögű háromszöget alkot (1. ábra), melyben a derékszög csúcánál a Hold foglal helyet. Ha e háromszögben még egy szöget ismerünk, az oldalak aránya könnyen kiszámítható.

Arisztarchosz ezért megmérte a Nap—Föld—Hold szöget, melyet 87° -nak talált, és ebből azt a következtetést vonta le, hogy a Föld—Nap távolság 19-szer nagyobb a Föld—Hold távolságnál. E mérés elve kétségtől helyes. Csak az a baj, hogy akkoriban még nem tudtak pontosan szöget mérni, és az első negyed bekövetkezésének pillanatát sem tudták pontosan megállapítani. Így a kapott arányszám túlságosan kicsiny, amennyiben 20-szor kisebb a valódinál. Megjegyezzük, hogy Arisztarchosz mérését 1650-ben megisméltették, és a kérdéses szög értékére $89^\circ 45'$ -et kaptak, ami már sokkal jobban megfelel a valóságnak. Arisztarchosz kísérletének kultúrtör-



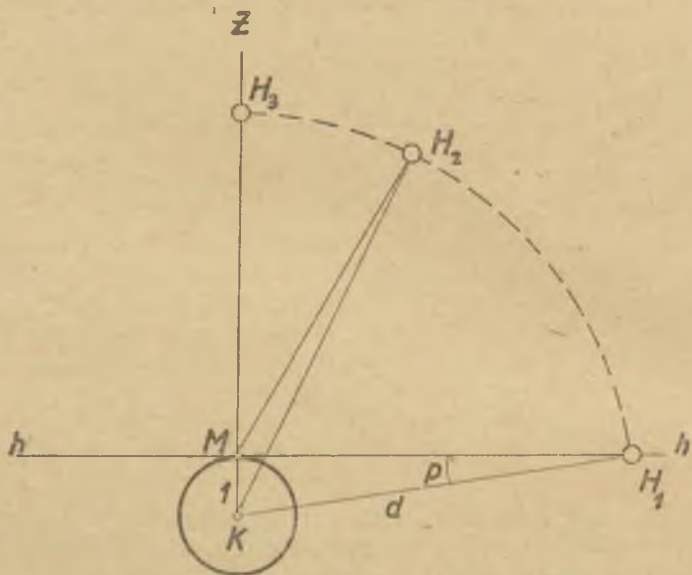
1. ábra.

téneti jelentőségét ma abban látjuk, hogy elvileg teljesen kifogástalan alapon először próbált megbirkózni egy égitest távolsága meghatározásának nehéz feladatával; elődei a napfogyatkozásokból legfeljebb arra következtettek, hogy a Nap messzebb van tőlünk, mint a Hold. Említésre méltó, hogy Arisztarchosz a Föld, a Hold és a Nap viszonylagos nagyságának megállapításával is foglalkozott.

Hipparchosz, akit sokan az ókor legkiválóbb csillagászának tartanak, mintegy 100 évvel később továbbfejlesztette Arisztarchosz módszerét. Modern terminológiát használva azt mondhatjuk, hogy Hipparchosznak köszönhetjük a parallaxis, pontosabban szólva a napi parallaxis fogalmát. Hogy módszerének lényegét megérthessük, meg kell ismerkednünk ezzel a fogalommal.

Már régen észrevették, hogy a Hold a Föld különböző helyeiről nem pontosan ugyanabban az irányban látszik. Az időszámításunk kezdete előtti 129-ik évben például teljes napfogyatkozást észleltek a görögországi Helleszponosz vidékén. Ugyanez a napfogyatkozás

az egyiptomi Alexandriában csak 80%-os volt, ami azt jelenti, hogy onnan nézve a napkorongnak csak $\frac{4}{5}$ részét fedte el a Hold. (Ez hasonló a hazánkban tavaly megfigyelt részleges napfogyatkozás mértékéhez.) Hipparchosz e jelenséget nagyon helyesen úgy magyarázta meg, hogy a két helyről nézve a Hold látszólagos iránya körülbelül 6'-es különbséget mutat, ugyanúgy, ahogyan például egy út két különböző pontjáról egy fa a távoli hegyek hátterén más irányban látszik. Az észlelt iránykülönbségből elég pontosan ki is számította a Föld—Hold távolságot. Az égbolt egy adott helyén (ese-

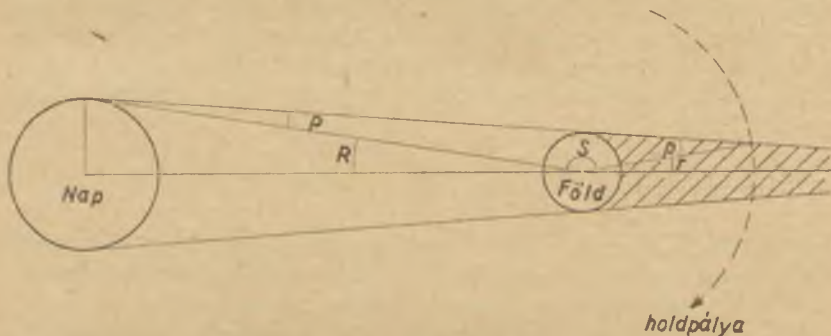


2. ábra.

tünkben a Nap közvetlen közelében) tartózkodó égitestnek a Föld két különböző helyéről mért irányának különbsége ugyanis nyilván annál kisebb, minél messzebb van tőlünk. Ez az iránykülönbség tehát az égitest (esetünkben a Hold) távolságának mértékéül szolgálhat.

A 2. ábrán K a Föld középpontját, M a megfigyelő helyét, $h-h$ a megfigyelő horizontját, $Z-Z$ pedig a zenitjét jelöli. H_1 , H_2 és H_3 a Hold három különböző helyzetét tünteti fel. A H_1 helyzetben a Hold éppen a megfigyelő horizontjában, a H_3 helyzetben viszont pont a zenitjében tartózkodik. Láthatjuk, hogy a Föld középpontjába és felszínének valamely pontjára képzelt megfigyelő csak akkor látná

ugyanazon irányban a Holdat, amikor az a második megfigyelő zenitjében van. Különbözik pedig az általuk észlelt iránykülönbség annál nagyobb, minél kisebb a Holdnak a horizonttól való szögtávolsága, és így a horizonton tartózkodó, tehát éppen kelő, vagy nyugvó Holdnál (H_1) éri el maximális értékét. Az ábráról az is leolvasható, hogy a megfigyelők észlelte iránykülönbség bármely helyzetben egyenlő azzal a szöggel, amely alatt a Holdból a KM távolság, vagyis a Földnek az M megfigyelőhelyhez tartozó sugara látszik. Mármint napi *parallaxisnak* (néha horizontális parallaxisnak) azt a szöget nevezzük, amely alatt a Föld sugara látszik valamely égitestről merőleges rálátás esetén; a Holdnál a 2. ábrán tehát



3. ábra.

a KH_1M szög a napi parallaxis, melyet p -vel jelölünk. Ha a Föld sugarát választjuk távolságegységül, akkor valamely égitestnek a Föld sugarában kifejezett d távolsága és p napi parallaxisa között nyilván a $\sin p = 1/d$, ill. $d = 1/\sin p$ összefüggés áll fenn, ami a p szög kicsiny volta miatt lényegében azt jelenti, hogy valamely égitest távolsága fordítva arányos a napi parallaxiséval. Talán mondani sem kell, hogy a napi parallaxis értéke közvetlenül nem mérhető, hiszen nem küldhetünk megfigyelőt a Föld középpontjába. Meghatározása mindig kerülő úton történik; minket most csak az érdekel, hogy a napi parallaxis az égitestek távolságának mértéke, amennyiben: annál kisebb, minél távolabb van tőlünk az illető égitest. A Hold (közepes) napi parallaxisa például $57' 2,5''$, a Napé $8,8''$, a Plutóé $0,23''$, de már a legközelebbi „állócsillag”-é is csak $0,000032''$, vagyis egyáltalán nem mérhető.

Lássuk ezek után, hogy hogyan határozta meg Hipparchosz a Hold és a Nap napi parallaxisát, vagyis Arisztarchoszon túlmenően nemcsak a Nap és Föld távolságának arányát, hanem e távolságoknak a Föld sugarában kifejezett értékét. E célra a 3. ábra a Napot,

a Földet, a Föld árnyékkúpját és a Hold pályáját szemlélteti, természetesen, a méretarányok hűsége nélkül. P jelenti a Nap, p a Hold napi parallaxisát, R a Nap látszólagos sugarát, r pedig a Föld árnyékának sugara a Hold távolságában, szögmértékben kifejezve. E négy szög közül R könnyen mérhető, értéke körülbelül $15'$; r nagyságát centrális holdfogyatkozás alkalmával lehet megállapítani a fogyatkozás időtartamából: értéke körülbelül $45'$ -nek adódik. Ami a P és p szögeket illeti, látható, hogy $P + p = R + r$, mert egy háromszög szögeinek összege 180° lévén, mindkét szögpár összegét ugyanaz, az ábrán s -sel jelölt szög egészíti ki 180° -ká. Hipparchosz tudta, hogy közelítőleg $R + r = 15' + 45' = 60' = 1^\circ$, és így arra következtetett, hogy $P + p$ is körülbelül 1° . Másrészt ismerte Arisztarchosz próbálkozását a Nap és Hold távolságarányának megállapítására. Ha a Nap 19-szer van messzebb tőlünk, mint a Hold, akkor a Hold napi parallaxisa közelítőleg 19-szer nagyobb, mint a Napé, vagyis $p = 19 P$. Így

$$P + p = \frac{1}{19} p + p = \frac{20}{19} p = 60' ; \quad \text{innen} \quad p = \frac{19}{20} 60' = 57' ,$$

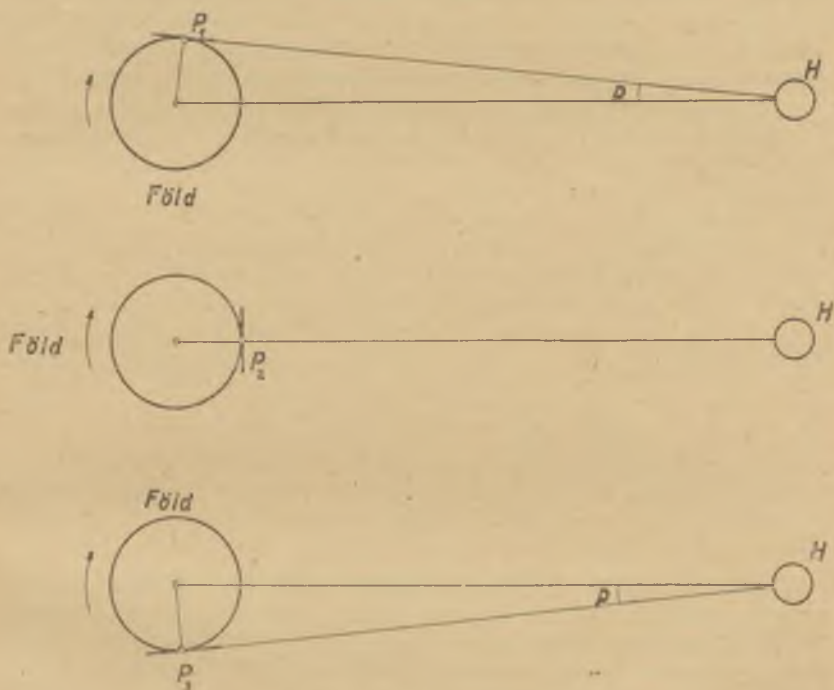
ami egész jól egyezik a Hold napi parallaxisának valódi értékével.* Ez a parallaxis azt jelenti, hogy a Hold mintegy 60 földugárnyi távolságra van tőlünk. A Nap távolságára természetesen igen hibás érték adódik az Arisztarchosz-féle 19-es arányszám pontatlansága miatt. Ez a körülmény azonban mitsem von le a két görög csillagász zsenialitása iránt érzett csodálatunkból.

Igen érdekes módszert talált ki a Hold távolságának meghatározására *Ptolemaiosz* is, aki az időszámításunk utáni 2. évszázad közepén ugyancsak Alexandriában élt, és örökbecsű könyvéről, az *Almagestről*, különösen pedig a bolygók mozgását leíró geocentrikus elméletéről nevezetes. Eljárását nem részletezzük, mert már kissé hasonló ahhoz, amellyel a 18. században sokkal tökéletesebb csillagászati műszerek és fejlettebb mérés technika segítségével pontosan megállapították a Hold távolságát. Ellenben megemlítjük, hogy *Ptolemaiosz* szerint a Hold napi parallaxisa $58'42''$.

Mielőtt rátérnénk a Hold távolságának pontos meghatározásának ismertetésére, talán nem lesz felesleges, ha egy kissé bővebben foglalkozunk a parallaxis megállapításának problémájával. Először is leszögezzük, hogy a Földről kétféleképpen észlelhetünk parallak-

* Félreértések elkerülése végett megjegyezzük, hogy *Hipparchosz* nem egészen a fenti adatokkal számolt, és a Hold napi parallaxisára $52'15''$ -et kapott. Mivel minket most csak a gondolatmenet érdekel, a szögekkel való számolások egyszerűsítése végett kissé „kerckítettünk”.

tikus elmozdulást valamely égitestnél. Elképzelhető például, hogy két megfigyelő a Föld két különböző, lehetőleg egymástól távoli pontján helyezkedik el, és onnan egyidejűen észleli egy égitest irányát; ha ez az égitest elég közel van hozzánk, az észlelt irányok különbsége kimutatható. Ez a módszer a háromszögelők eljárásához hasonló, akik két különböző helyről mérik be valamely földi objekt-

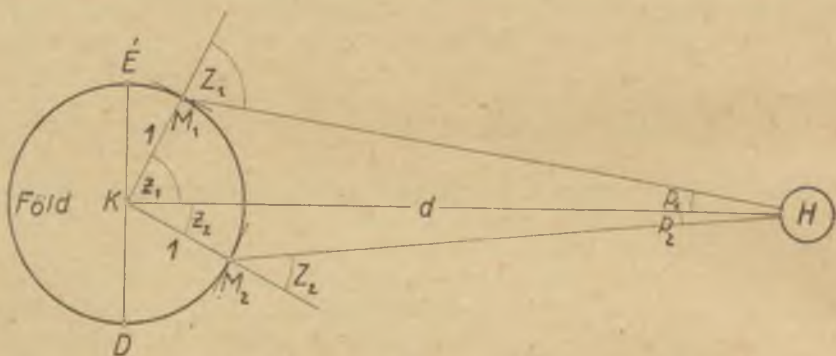


4. ábra.

tum helyét. Másrészt egy égitest távolságának meghatározásához nincs okvetlenül két különböző helyen felállított megfigyelőállomásra szükség. Hiszen bolygónk forgása következtében minden észlelő állandóan változtatja a Föld középpontjától számított irányát, és így a Föld középpontjára vonatkoztatott helyzetét. Például egy az egyenlítő mentén elhelyezkedő megfigyelő 12 óra leforgása alatt a Föld középpontjához viszonyítva 1 földátmérő = 12 756 km-rel távolodik el eredeti helyzetétől. (Az egyszerűség kedvéért egyelőre ne gondoljunk a Földnek a Nap körüli keringésére.) A 4. ábra egy észlelő közel félnapi útját, és közben a Holdhoz való különböző hely-

zetét mutatja be. A Föld északi sarkát az ábra síkja fölé képzeljük. A P_1 helyzetben a Hold éppen kel, a P_3 helyzetben nyugszik, a P_2 helyzetben viszont delel. Látható, hogy megfigyelőnk a P_2 helyzetben van a legközelebb a Holdhoz, és nyilvánvaló, hogy e három helyzetből a Hold más és más irányban látszik a csillagok között. A Holdnak a P_1 és P_3 helyzetből észlelt irányának különbsége (eltekintve a Hold saját mozgásától) éppen a napi parallaxis kétszerese; az elnevezés innen származik. Ez a parallaktikus elmozdulás hasonló ahhoz, amelyet egy mozgó vonat ablakából figyelhetünk meg, midőn a közeli tárgyak a távoliak háttére előtt elmozdulni látszanak.

Mindkét fajta parallaktikus elmozdulás felhasználható a legközelebbi égitestek távolságának meghatározására. Az első módszer



5. ábra.

nehézsége a két megfigyelő egymástól való távolságának pontos megállapításában rejlik, a második módszer pedig feltételezi a szóban forgó égitest saját mozgásának alapos ismeretét. Amíg nem voltak pontos órák, a földrajzi helymeghatározás igen nehéz feladatnak bizonyult, és ezért valamilyen formában többnyire az egy adott földrajzi helyen tartózkodó megfigyelő módszerét alkalmazták (többek között Ptolemaiosz is).

Később azonban inkább a holdelmélet hibáiból adódó pontatlanságok nehezítették meg a Hold távolságának meghatározását, minek következtében a két megfigyelővel dolgozó módszer került előtérbe. Így az 1705-ben, majd nagyobb körültekintéssel 1751-től 1753-ig végzett méréseket a következőkben vázolt elv szerint végezték.

A Föld valamely délkörén képzeljünk el két megfigyelőt, melyet az 5. ábrán M_1 és M_2 -vel jelöltünk. A megfigyelők meridiánja tehát egybeesik, és ezt az ábra síkja képviseli. Delelése pillanatában a Hold ebben a síkban tartózkodik. A két megfigyelő ekkor megméri a

Hold Z_1 és Z_2 zenittávolságát. Lássuk, hogy e két szögből hogyan lehet kiszámítani a Hold p napi parallaxisát!

Ha a Föld KM_1 és KM_2 sugarának a Holdból való látószögét p_1 és p_2 -vel, e sugaraknak a Hold geocentrikus irányával bezárt szögét, az ún. geocentrikus zenittávolságot pedig z_1 és z_2 -vel jelöljük, akkor $Z_1 = z_1 + p_1$ és $Z_2 = z_2 + p_2$, mert egy háromszög külső szöge egyenlő a két nem mellette fekvő belső szög összegével. Azt is mondhatjuk, hogy $p_1 = Z_1 - z_1$ és $p_2 = Z_2 - z_2$.

Alkalmazzuk a szinusz-tételt a KM_1H háromszögre. A Föld sugarát távolságegységül választva, $\sin p_1 : \sin Z_1 = 1 : d$, vagy más alakban $\sin p_1 = \frac{1}{d} \sin Z_1$. De a napi parallaxis fogalmának bevezetésénél láttuk, hogy $1/d = \sin p$ (2. ábra), tehát $\sin p_1 = \sin p = \sin Z_1$. Mivel a p_1 és p szögek kicsinyek, nagyon kis hibát követünk el akkor, ha e képletben $\sin p_1$ és $\sin p$ helyett p_1 és p -t írunk, amit a további számítások egyszerűsítése céljából meg is teszünk. Így $p_1 = p \sin Z_1$, vagy figyelembe véve az előző bekezdésben kapott eredményt, $p \sin Z_1 = Z_1 - z_1$; hasonlóképpen $p \sin Z_2 = Z_2 - z_2$. E két egyenlet összeadásával $(\sin Z_1 + \sin Z_2) p = (Z_1 + Z_2) - (z_1 + z_2)$, ahonnan

$$p = \frac{(Z_1 + Z_2) - (z_1 + z_2)}{\sin Z_1 + \sin Z_2}$$

E képlet jobboldalán a Z_1 és Z_2 szögek értékét az észlelők méréssel állapítják meg. A z_1 és z_2 szögeket ugyan nem mérhetik meg közvetlenül; de láthatjuk, hogy tulajdonképpen csak e két szög összegére van szükség, mely nyilván egyenlő az M_1 és M_2 megfigyelők földrajzi szélességének különbségével. Ezt pedig — más úton — meg tudják határozni. (Az ábrán a Hold speciálisan az egyenlítőben tartózkodik; ebben az esetben a geocentrikus zenittávolság egyenlő a földrajzi szélesség abszolút értékével.) Ily módon minden szükséges adatot ismerünk, és a Hold napi parallaxisa könnyen kiszámítható.

Gyakorlatilag persze a dolog nem volt ilyen egyszerű. Először is a pontosság fokozása érdekében nem egy mérést, hanem egész mérésorozatokot kellett végezni, amelyek kivitelezése többek között *Lacaille* és *Lalande* nevéhez fűződik. A megfigyelőállomások egyrészt a dél-afrikai Jóreménység Fokán (Cape of Good Hope), másrészt Greenwichben, Párizsban, Berlinben és Bolognában voltak. Ezek a helyek nem fekszenek egy délkörön, ami a számításokat már jóval bonyolultabbá teszi. Nem utolsósorban figyelembe kell venni a légköri refrakciónak az észleléseket meghamisító hatását; ezt úgy lehet kiküszöbölni, hogy a Holddal együtt néhány olyan csillagot is észlelünk, amelyek annak közelében látszanak, és a Hold helyét e csillagokra vonatkoztatjuk.

Az összes rendelkezésre álló megfigyelések feldolgozásával a Hold napi parallaxisára $57'3''$ adódott, ami alig tér el a ma elfogadott értéktől. A Hold közepes távolsága a Föld középpontjától $60,3$ földugár, azaz $384\,400$ km. A fény egy ekkora távolságot $1,26$ másodperc alatt tesz meg.

Ha már ismerjük a Föld—Hold távolságot, és megmérjük a Hold látszólagos átmérőjét, mely közepesen $31'5,2''$, rögtön kiszámíthatjuk a valódi átmérőjét is. Így tudjuk, hogy a Hold átmérője $3\,476$ km, ami $0,272$ földátmérőnek felel meg.

Miután a Hold távolságát „meghatároztuk”, a következő dolgunk az lenne, hogy tisztázzuk a Naprendszer méretviszonyait. Itt azonban már nagyobb gyakorlati nehézségekbe ütközünk, mivel a Föld átmérője igen kicsiny a mérendő távolságokhoz képest. Elvileg ugyan semmi akadálya nincs annak, hogy a Hold távolságának meghatározásánál alkalmazott módszert használjuk például a Nap távolságának meghatározására is. De a Nap már olyan messze van tőlünk, hogy ezen az úton még a mai precíziós csillagászati mérőműszerek segítségével is csak meglehetősen pontatlan eredményt nyerhetnénk. Azonkívül különböző technikai nehézségek is fellépnek, amelyek a Hold esetében nem jelentkeznek.

Másrészt viszont szerencsés körülmények is közrejátszanak akkor, amikor a Naprendszer tagjainak a Naptól való távolságát kívánjuk megállapítani. A III. Kepler-törvény alapján ugyanis könnyen megállapíthatjuk ezen távolságok arányát, mégpedig anélkül, hogy egyetlen távolság tényleges, mondjuk kilométerben kifejezett értékét ismernénk. Ez a törvény közismert alakjában úgy szól, hogy a bolygók keringési idejének négyzetel úgy aránylanak egymáshoz, mint a középtávolságok köbei. Ha tehát T_1 és T_2 két bolygó keringési ideje, a_1 és a_2 viszont középtávolságuk a Naptól, akkor fennáll a $T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3$ aránypár. Innen következik, hogy $a_2^3 : T_2^2 = a_1^3 : T_1^2$, vagyis a középtávolság köbének és a keringési idő négyzetének aránya minden bolygónál ugyanakkora.

Megjegyezzük, hogy a Kepler-törvény ebben az alakjában nem egészen pontos. Ha ugyanis az általános tömegvonzás Newton-féle törvénye szerint tárgyaljuk két tömegpont mozgását, akkor elliptikus (speciálisan köralakú) pálya esetében a következő összefüggést kapjuk a relatív pálya a fél nagytengelye (mely egyenlő a középtávolsággal) és a T keringési idő között:

$$a^3 = C (m_1 + m_2) T^2$$

ahol C egy az általános tömegvonzás állandójával arányos állandó, m_1 és m_2 pedig a pontok tömegét jelenti. Ez az összefüggés igen

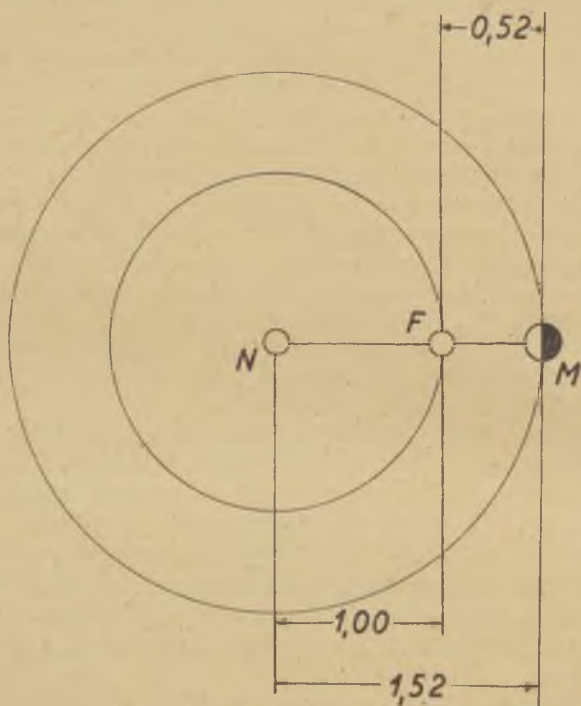
jó közelítésben érvényes a Nap és egy bolygó, vagy egy kettőscsillag két komponensének esetére is; ilyenkor távolságegységül többnyire a Föld középtávolsága, az ún. csillagászati egység (melynek meghatározásáról mindjárt szó lesz), tömegegységül a Nap tömege ($= 1.983.10^{33}$ gramm $= 331940$ földtömeg), és időegységül a Föld keringési ideje, vagyis az év szokott szolgálni. Állapítsuk meg a C állandó számszerű értékét ebben a mértékrendszerben. A fenti összefüggésnek a Nap és a Föld esetére való alkalmazásánál $a = 1$, $T = 1$, $m_1 = 1$ és $m_2 = 1 : 331\,940 = 0,000003$; ily módon $1 = C \cdot 1,000003$, ahonnan $C = 0,999997$. Ha most egy tetszőleges bolygó tömegének a Nap tömegében kifejezett nagyságát m -mel jelöljük, akkor középtávolsága és keringési ideje között az $a^3 = C (1 + m) T^2$ összefüggés érvényes, azaz $a^3 : T^2 = C (1 + m)$. Látható, hogy a középtávolság köbének és a keringési idő négyzetének aránya ugyan nem minden bolygónál ugyanakkora — amennyiben függ a bolygó tömegétől —, mégis a Nap domináló tömege miatt első közelítésben 1-nek vehető, mint azt Kepler III. törvénye alapján várhatjuk. A Földnél kisebb tömegű bolygóknál ez az arány valamivel kisebb, a nagyobb tömegűeknél ellenben valamivel nagyobb 1-nél, amit Kepler még természetesen nem tudhatott.

De térjünk vissza az imént megszakított gondolatmenethez, mellyel kapcsolatban a szóbanforgó állandó értéke nyugodtan 1-nek tekinthető. Szemeljük ki például a Mars bolygót. Mivel ennek T keringési ideje 1,88 év — ami az észlelésekből aránylag könnyen kihámozható —, a -val jelölt középtávolságát az $a^3 = (1,88)^2$ képlet segítségével számíthatjuk ki, melyből köbgyökvonással $a = \sqrt[3]{(1,88)^2} = \sqrt[3]{3,5344} = 1,523$. A Mars középtávolsága itt természetesen a Föld középtávolságában van kifejezve, melyet *csillagászati egységnek* nevezünk.

Tehát pusztán a Mars keringési idejének ismeretében egy egyszerű számítással arra a következtetésre jutottunk, hogy a Mars mintegy 1,52-szor messzebb van a Naptól, mint a Föld. Ugyanigy megkaphatjuk a többi bolygó középtávolságának csillagászati egységben kifejezett értékét is. Szóval azt mondhatjuk, hogy egyetlen tényleges távolságmérés elvégzése nélkül el tudjuk készíteni a Naprendszer modelljét; és ha a modellen feltüntetett bármelyik távolság valódi nagyságát meghatározzuk, teljesen tisztában leszünk a Naprendszer méretviszonyaival.

Vizsgáljuk meg, hogy ez a körülmény milyen előnyt jelent a Föld középtávolságának, vagyis a csillagászati egység megállapítása szempontjából. A 6. ábra ehhez a Föld és Mars pályáját ábrázolja vázlatosan. A marspálya sugara a fenti számítás szerint 1,52-szor nagyobb a földpálya sugaránál. A Föld—Mars távolság nyilván olyan

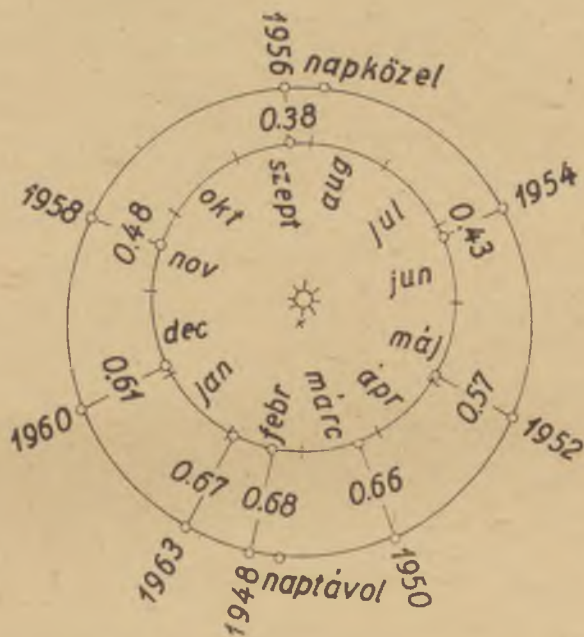
helyzetben a legkisebb, amikor a Napról mindkét bolygó ugyanabban az irányban látszik, vagy ami ugyanaz, ha a Földről a Nap és a Mars éppen ellenkező irányban látszik. Egy ilyen, a csillagászat szaknyelvén szembenállásnak (oppozíciónak) helyzetét jelöltük F -fel és M -mel az ábrán. Ha a Mars, vagy általában egy külső bolygó



6. ábra.

a Nappal szembenállásban van, akkor éjfélkor delel, és így egész éjjel észlelhető. Az FM távolság nagysága nyilván $1,52 - 1,00 = 0,52$ csillagászati egység, vagyis csak fele a Föld középtávolságának. Így könnyen érthető, hogy ez a távolság már könnyebben mérhető, mint a Nap tőlünk való távolsága. Vegyük még figyelembe, hogy szembenállás idején a Mars az éjjeli ég csillagaival együtt látható, ami megkönnyíti irányának pontos meghatározását. Továbbá a Mars korongja sokkal kisebb és nem annyira vakító, mint a Napé; ez szintén pontosabbá teszi a Mars látszólagos helyzetének megállapítását. Ezek alapján kézenfekvő, hogy itt csupa előnnyel találkozunk a Föld középtávolságának közvetlen meghatározásához képest.

Az imént elmondottakhoz még egy megjegyzést kell fűznünk. Nevezetesen a dolog lényegének kidomborítása érdekében figyelmen kívül hagytuk azt a fontos körülményt, hogy a marspálya elég jelentékenyen eltér egy körpályától, és ezért az egyes szembenállások lezajlása korántsem egyforma. Vegyük szemügyre a 7. ábrát, amely a Föld és Mars pályáját a valósághoz hűebben tünteti fel, mint az előző ábra. A földpálya még majdnem egy a Nap köré rajzolt kör;

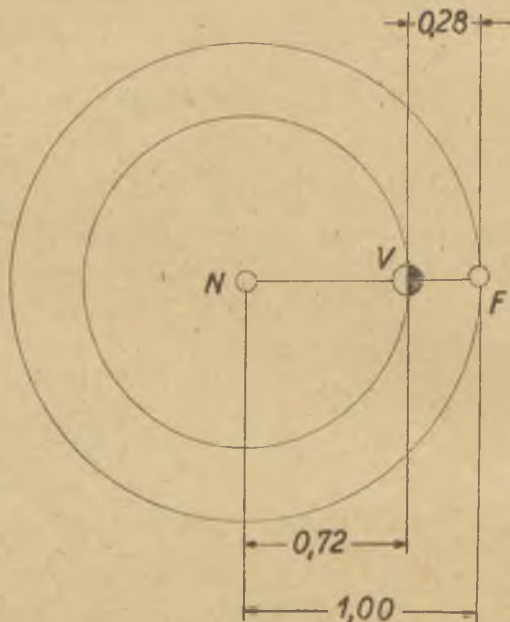


7. ábra.

aránylag kis lapultsága miatt az elliptikus marspálya is körnek látszik, de e kör középpontja már nem esik egybe a Nappal, hanem nála kicsit lejjebb, a kereszttel megjelölt helyen van. Az ábra egyébként a Föld és a Mars viszonylagos helyzetét szemlélteti az utóbbi bolygónak az 1948—1963 között bekövetkező szembenállásai idejére. Rögtön feltűnik, hogy az egyes szembenállásoknál a Föld—Mars távolság nem ugyanakkora. Legkisebb az 1956-os, legnagyobb az 1948-as szembenállás idején. Az olyan szembenállásokat, amelyeknél különösen közel kerülünk a Marshoz, nagy-szembenállásoknak nevezzük. Ilyenkor minden szempontból nagyon kedvező alkalom nyílik a bolygó megfigyelésére. A tavalyi előnyös szembenállás fo-

lyamán, július 2-án 0,427794 csillagászati egységre közelítettük meg a Marsot; látszólagos átmérője $21,9''$ volt. A következő, 1956-os nagy-szembenállás alatt viszont szeptember 7-én a Mars távolsága 0,378091 csillagászati egységre csökken; látszólagos átmérője $24,8''$ lesz.

Az előbb körvonalazott módszer először az 1672-es nagy-szembenállás alkalmával került alkalmazásra. A párizsi tudományos akadémia rendezésében Richer vezetésével expedíciót küldtek Ca-

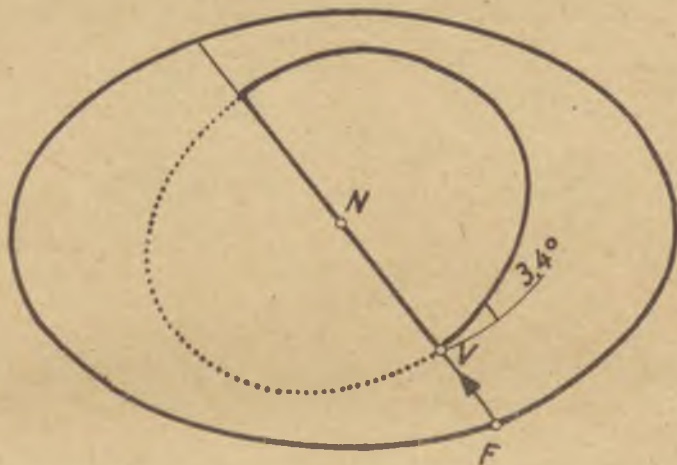


8. ábra.

yenne-be (Francia Guayana), hogy az ottani marsmegfigyeléseket össze lehessen hasonlítani a *Cassini*, *Picard* és *Römer* által Párizsban végzett észlelésekkel. A Mars — szembenállása idejére megállapított — napi parallaxisából minden különösebb nehézség nélkül ki lehetett számítani a Nap parallaxisát*, mely $9,5''$ -nek adódott. Ez az érték alig 8% -kal tér el a ma elfogadottól! Történeti érdekessége miatt megemlítjük, hogy a dél-amerikai expedíció Cayenne földrajzi hosszúságának pontos megállapítására szolgáló ingaórái árulták el először a Földnek a gömbalaktól való eltérését.

* Az itt következők folyamán napi parallaxis helyett egyszerűen parallaxist mondunk; míg a Naprendszerrel beszélünk, félreértés nem fordulhat elő.

A Naprendszer modelljének ismeretét másként is felhasználhatjuk a Nap parallaxisének, vagy ami ezzel egyenértékű, a csillagászati egység meghatározására. Csak olyan, a Nap körül keringő égitest után kell néznünk, mely aránylag közel kerül a Földhöz. Itt van például másik szomszédunk, a Vénusz. Középtávolsága 0,72 csillagászati egység. Mint azt a 8. ábra mutatja, olyankor esünk legközelebb a Vénuszhoz, midőn az a Nap és Föld között tartózkodik s egyirányban látszik a Nappal, vagy szakkifejezést használva, amikor a Vénusz alsó együttállásban van a Nappal. Ilyen helyzetben a



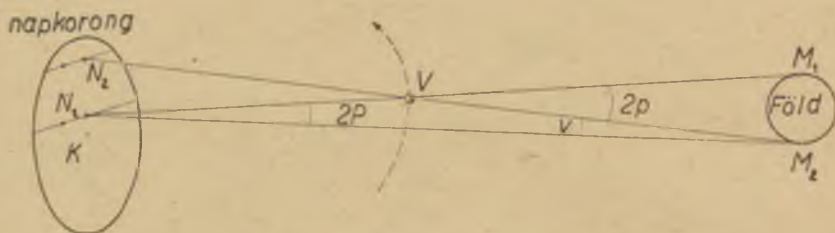
9. ábra.

Vénuszt mindössze 0,28 csillagászati egység választja el tőlünk, tehát jóval közelebb van hozzánk, mint a Marsz nagy-szembenállás idején. Csakhogy a Vénusz alsó együttállásakor tulajdonképpen egyáltalán nem látható, mert pont a sötét, a Naptól meg nem világított felét fordítja felénk, és a Nap közvetlen közelsége miatt amúgyis igen nehezen lenne észlelhető. Az eddigiek alapján azt hihetnénk, hogy a Vénusz segítségével nem lehet megállapítani a Nap parallaxisát. De nem ennyire reménytelen a helyzet.

Ugyanis időnként előfordul, hogy a Vénusz az alsó együttállás közben elvonul a Nap fényes korongja előtt, mikoris ott távcsővel alig 1' átmérőjű kis fekete korong képében látható. Ezt a jelenséget, mely lényegében a napfogyatkozáshoz hasonlít, vénuszátmenetnek nevezzük. Itt is arról van szó, hogy a Nap előtt elhaladó égitest, esetünkben a Vénusz pályasíkja nem esik egészen egybe a Föld pályasíkjával, hanem egy 3,4°-os szöget zár be vele. Ha ez a hajlásszög 0°

lenne, minden alsó együttállásnál vénuszátmenetet észlelhetnénk. De mivel nem így van, vénuszátmenet csak akkor következhetik be, amikor a Vénusz alsó együttállása közben a földpálya közvetlen közelében tartózkodik. Minthogy a Föld mindig június és december elején halad át a Vénusz (meghosszabbított) pályasíkján, csupán a június és december elején lezajló alsó együttállások alkalmával láthatunk vénuszátmenetet (9. ábra). Ez a körülmény jól szemléltethető a 17—21. évszázadok vénuszátmeneteinek időpontjaival:

1631. dec. 6.,	1639. dec. 4.,	1761. jún. 6.,	1769. jún. 3.,
1874. dec. 9.,	1882. dec. 6.,	2004. jún. 8.,	2012. jún. 6.



10. ábra.

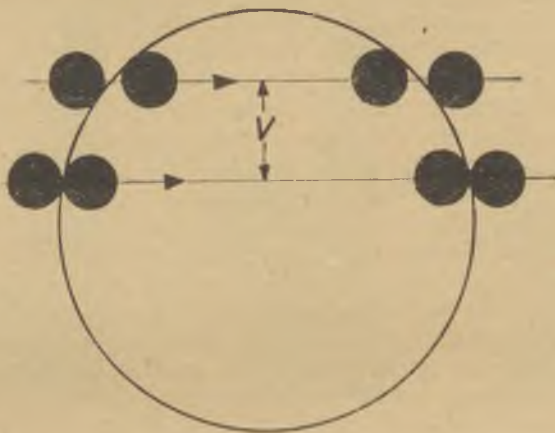
(A figyelmes olvasó bizonyára észreveszi a következő szabályszerűséget: a vénuszátmenetek $8 + 121,5 + 8 + 105,5 = 243$ évenként periodikusan megismétlődnek.)

Kérdés, hogy a vénuszátmenet jelensége miként aknázható ki a Nap parallaxisának meghatározására.

Nyilván abból kell kiindulnunk, hogy a Vénusznak a napkorong előtti elvonulásának útja a Föld különböző pontjairól nézve más és más lesz. A 10. ábrán a most következő meggondolások egyszerűsége érdekében két olyan M_1 és M_2 megfigyelő esetét tüntettük fel, melyek a Földön a földpálya síkjára merőleges átmérő végpontjaiban helyezkednek el. Baloldalt a napkorongot, és rajta a vénuszátmenet általuk észlelt két útját jelképeztük. A Nap parallaxisát P -vel, a Vénusz parallaxisát p -vel, a napkorongon leírt két húr szöglávolságát pedig v -vel jelölve fennáll a $2P + v = 2p$ összefüggés, mert $2p$ külső szöge a VN_1M_2 háromszögnek. Másrészt tudjuk, hogy az égitestek távolsága fordítva arányos a parallaxisukkal. A Nap—Föld és Vénusz—Föld távolságok ezért úgy aránylanak egymáshoz, mint a Vénusz parallaxisa a Nap parallaxiséhoz; tehát $1 : 0,28 = p : P$. Innen $0,28 p = P$, majd $p = 3,57 P$ következik, vagyis a Vénusz parallaxisát, melyre most nincs szükségünk, kifejeztük a Nap parallaxiséval. Ha eredményünket az első egyenletbe helyettesítjük,

$2P + v = 7,14P$, ahonnan $v = 5,14P$, vagy ha úgy tetszik, $P = 0,19v$. A napkorongon leírt két húr szögtávolságából tehát tüstént kiszámíthatjuk a Nap parallaxisát, és megfordítva. Az is látható, hogy a v szög mérésében elkövetett hibának csak $\frac{1}{5}$ része hárul át a P szög így meghatározott értékére.

Eszerint a feladat lényege a v szög nagyságának pontos megállapításában rejlik. Világos, hogy ez a szög közvetlenül nem mérhető, hiszen mindkét megfigyelő csak az elvonulás egyik útját észleli. Ellenben külön-külön meg tudják határozni a vénuszátmenet időtartamát, mondjuk a Nap és Vénusz korongjának két külső, vagy



11. ábra.

két belső érintkezése között. (11. ábra.) Mármost könnyen kiszámítható, hogy e jelenség lezajlása alatt a Vénusz egyenletes sebességgel óránként majdnem pontosan $4'$ -nyi utat tesz meg kelet-nyugati irányban a napkorong előtt. (Mivel a Nap látszólagos átmérője $32'$, egy vénuszátmenet legfeljebb $32:4 = 8$ óráig tarthat.) Ilymódon a vénuszátmenet időtartama rögtön átszámítható a napkorongon leírt húr hosszára, természetesen szögmértékben kifejezve. Egy adott átmérőjű kör valamely húrjának hosszából azonban mindjárt e húrnak a kör középpontjától való távolságára következtethetünk. Ha most a két megfigyelő észlelte átvonulási utaknak a napkorong középpontjától való távolságát külön-külön ismerjük, akkor a kisebb távolságnak a nagyobbik távolságból való kivonásával megkapjuk a két út egymástól számított távolságát is, tehát a v szöget: $v = KN_2 - KN_1$. (Az egyszerűség kedvéért mindvégig eltekintünk attól az irányváltozástól, melyet a Föld forgása okoz; a módszer

lényegét ez nem érinti.) Még csupán azt kívánjuk megjegyezni, hogy gyakorlati szempontból azon vénuszátmenetek előnyösek, melyeknél az elvonulás útja lehetőleg a napkorong szélére esik. A hűrok hosszából ugyanis ekkor határozható meg jól (azaz kis hibával) a középponttól való távolság.

Valamely vénuszátmenet bekövetkezésének időpontját előre megadni, — nem könnyű dolog. Maga *Kepler* volt az, aki 1627-ben először birkózott meg e bonyolult feladattal: a bolygók mozgásának tanulmányozása közben megjósolta az 1631-es és 1761-es vénuszátmeneteket. 1631. december 6-án és 7-én *Gassendi* egész nap várt a jelenség bekövetkezésére Párizsban. Fáradsága azonban hiábavalónak bizonyult, mert az átvonulást Európában nem lehetett látni. Nem sokkal több szerencséje volt *Horrocks* (Horrox) és *Crabree* angol csillagászoknak, akik 1639. december 4-én Liverpool, illetve Manchester környékén csak a vénuszátmenet kezdetét, vagyis a belépést észlelhették, minthogy a Nap már éppen lenyugodott. A vénuszátmenetek tudományos jelentőségére azonban csak *Halley* mutatott rá 1691-ben.* Még mindössze 20 éves volt, amikor Oxfordból Szent Ilona szigetére utazott, hogy onnan a déli égbolt csillagait megfigyelhesse. Közben 1677. november 7-én egy merkurátmenetet észlelt, mely gyakoribb a vénuszátmenetnél, de nem használható a Nap távolságának megmérésére. E jelenség hatására kezdett az átvonulások elméletével foglalkozni, és kidolgozta a vénuszátmenetek fent körvonalazott módszerét a Nap parallaxisának meghatározására. *Halley* szerint minden észlelőhelyen 4 időpontot kell megfigyelni, a külső és belső érintkezés 2—2 időpontját. Azt mindjárt gondolta, hogy a külső érintkezések időpontja nem állapítható meg nagy pontossággal, mert a Vénusz az átmenet előtt és után egyáltalán nem látható; a belső érintkezések időpontjának meghatározásánál viszont 1—2 másodperces pontosságot remélt. Ha ez valóban így lenne, akkor felettébb szellemes eljárása olyan fokra emelte volna a Naprendszer méreteire vonatkozó ismeretek megbízhatóságát, melyet az ő korában még alig lehetett elképzelni.

Gondolhatjuk, hogy a csillagászok milyen izgalommal várták a legközelebbi, 1761. június 6-án bekövetkezett vénuszátmenetet. A jelenséget a Föld számos pontjáról megfigyelték. Eltekintve attól, hogy a belépés később kezdődött, mint ahogy azt az előzetes számítások alapján várták, a vénuszátmenet a napkorong előre jelzett helyén a várakozásnak megfelelően vette kezdetét. Amikor azonban a Vénusz korongjának körülbelül 25 perc múlva a Nap korongját be-

* A történeti hűség kedvéért meg kell jegyezni, hogy e módszer alkalmazásának lehetőségére először *Gregory* angol matematikus *Optica Promata* című, 1663-ban megjelent könyvében találunk utalást.

lülről kellett volna érintenie, ahogy azt a 11. ábra mutatja, sok észlelő — nagy meglepetésére — egy furcsa jelenségre lett figyelmes. A fekete vénuszkorong ugyanis ekkor hirtelen megváltoztatta alakját; a belső érintkezés helyén a 12. ábrán szemléltetett módon egy kis fekete „híd” keletkezett, mely folyton keskenyedve közel 1 percig látszott. Mire a „híd elszakadt”, a Vénusz már a napkorong belsejében volt. A belső érintkezés pillanatának megfigyelésénél a Halley kívánta pontosságot tehát meg sem lehetett közelíteni, nemhogy megvalósítható lett volna. A jelenséget, mely a későbbi vénuszátmeneteknél is zavarólag hatott, elég jól utánoszhatjuk a következő-



12. ábra.

képpen. Érintsük össze hüvelyk- és mutatóujjunkat, majd szemünkhöz közel tartsuk valami világosság felé; ha az ujjakat lassan eltávolítjuk egymástól, közöttük egy egyre keskenyedő „hidat” látunk, mely végülis „elszakad”.

Érdekes, hogy az 1761-es vénuszátmenetet Pétervárott *Lomonoszov* is megfigyelte, aki a jelenség lefolyásából a Vénusz légkörének létezésére következtetett.*

Az 1769-es vénuszátmenetnél a megfigyelőket már nem érte meglepetésszerűen a fekete „híd” keletkezése, és így a méréseket

* A tavalyi évkönyv 272. oldalán található dátum kissé félrevezető. Míg ugyanis az események dátuma ott természetesen a ma használatos gregorián-naptár szerint van feltüntetve, *Lomonoszov* észlelésének dátumát a régi julián-naptár szerint adták meg; 1761 május 26 (julián) = 1761 június 6 (gregorián). Elnézés folytán a *Lomonoszov* műszerére vonatkozó adat is téves a tavalyi *Meteor* 65. oldalán; a lencsés távcső gyújtótávolsága $4\frac{1}{2}$ láb = közel 140 centiméter volt.

pontosabban tudták elvégezni: a Nap parallaxisára kapott értékek 8,50'' és 8,84'' között ingadoztak.

E vénuszátmenetnek magyar vonatkozása is van, amennyiben róla a selmecbányai születésű *Hell Miksa* (1720—1792) VII. Keresztély dán király meghívására a Norvégia északkeleti csücskénél fekvő Vardö szigetről (mely akkor dán birtok volt) igen alapos észleléseket végzett. Ütitársa *Sajnovics János* (1733—1785) volt, aki felfedezte a lappokkal való nyelvrokonságunkat. *Demonstratio idioma Ungarorum et Lapponum idem esse* c. könyve, mely Koppenhágában 1770-ben jelent meg, úttörő jelentőségű az összehasonlító nyelvészet számára. *Hell* saját észleléseit később azokkal az észlelésekkel hasonlította össze, melyeket *Cook* kapitány Tahiti szigetén (Csendes-óceán) végzett, és arra a következtetésre jutott, hogy a Nap parallaxisa 8,70''. Megemlítjük, hogy *Hell* megfigyeléseinek megbízhatóságát eleinte *Lalande*, majd főleg *K. Littrow* kétségbevonta, de 1883-ban maga *Newcomb* szolgáltatott igazságot hazánk fiának.

Főleg az 1769-es vénuszátmenetnél összegyűjtött megfigyelési anyag feldolgozása révén *Encke* 1835-ben a Nap parallaxisára a 8,57'' értéket nyerte. Azonban hamarosan észrevették, hogy ez az adat nem lehet egészen helyes. A 19. század közepén ugyanis az égi mechanika már annyira fejlett volt, hogy tömegvonzási hatásokból is pontosan ki lehetett számítani a Hold és a Nap távolságát. Különösen *Laplace*, *Hansen* és *Newcomb* vizsgálatainak köszönhetjük e rendkívül elmés módszerek kidolgozását és továbbfejlesztését, melyek azonban elvi szempontból meglehetősen bonyolultak, úgyhogy ismertetésüktől el kell tekintenünk. Elégedjünk meg azzal a magyarázattal, hogy amennyiben a Nap *Encke*-féle parallaxisa helyes lenne, a Hold nem úgy mozogna a Föld körül, mint ahogy észleljük. Ebből nyilván az adat pontatlanságára kell következtetnünk; *Hansen* szerint a Nap parallaxisa 3%-kal nagyobb.

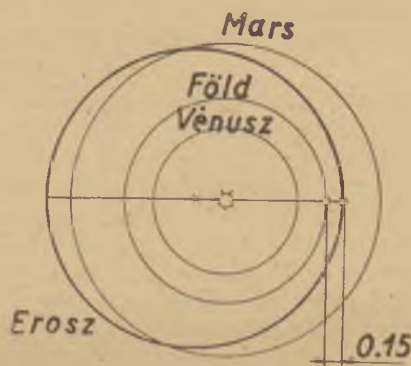
Más jelek is arra mutattak, hogy a Nap közelebb van hozzánk.

Emlékeztet, hogy *Römer* dán csillagász 1675-ben a Jupiter bolygó legbelső holdjának keringési idejében mutatkozó látszólagos szabálytalanságból következtetett a fény terjedési sebességének véges voltára, és azt meg is határozta. Ehhez szüksége volt a Nap—Föld távolság 3 évvel előbb megállapított — mindenesetre még elég pontatlan — értékére. A 19. század közepén azonban *Fizeau* és *Foucault* kísérleti alapon is megmérték a fény terjedési sebességét; így fordítva a Nap távolságára lehetett következtetni.

Továbbá ismételten megfigyelték a Mars bolygó nagy-szembenállásait, és belőle a fentebb ismertetett módon többször meghatározták a Nap parallaxisát.

Ezen eredmények, valamint az 1874-es és 1882-es vénuszátmenetek (melyek a befektetett fáradságos munka és tetemes költségek ellenére sem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket) kiértékelése birtokában a századforduló óta $8,80''$ a Nap parallaxisának legvalószínűbb értéke. A csillagászati egység eszerint $149\,500\,000$ km.

Mivel a csillagászati egység egy egészen alapvető jelentőségű állandó, melynek ismeretére a csillagászat legkülönbözőbb területein szükség van, kézenfekvő, hogy a 20. században is annak egyre pontosabb meghatározására törekedtek. Az alkalmazott módszerek tekintetében a leglényegesebb újítást kétségtelenül a fényképezés bevezetése jelenti, mint azt egy példán mindjárt látni fogjuk.



13. ábra.

A Mars bolygó szembenállásaival kapcsolatban megbeszéltük, hogy ez az alkalom milyen segítséget nyújt a Föld középtávolságának megállapításához. Ez az előny még jelentősebbé válik az Erosz nevű kisbolygó esetében.

Ezt a kisbolygót 1898. augusztus 13-án fedezték fel. Az addig ismeretes kisbolygók mind a Mars és a Jupiter pályája között végezték keringésüket. A 433-as számú Eroszról azonban hamarosan kiderült, hogy rendkívüli pályaviszonyokkal rendelkezik, amennyiben nagyobb részét a földpálya és a marspálya között tartózkodik (13. ábra). (Ma már több hasonló tulajdonságú kisbolygóról is tudunk, de az Erosz pályaelemeit ismerjük a legpontosabban.) E kisbolygó körülbelül $2\frac{1}{3}$ évenként kerül a Nappal szembenállásba. Ha a szembenállás olyankor következik be, amikor az Erosz elég erősen excentrikus pályáján éppen napközelen van, akkor a Földtől mért távolsága lényegesen kisebb, mint a Mars, vagy Vénusz bolygók távolsága a legkedvezőbb helyzetben. Az Erosz kisbolygó nagy-szembenállásakor távolsága $0,15$ csillagászati egységre csök-

kenhet, míg a Mars minimális távolsága 0,365, a Vénuszé pedig 0,275 csillagászati egység.*

Az Erosz felfedezése után először 1900/01 telén volt kedvező szembenállásban, amikor távolsága 0,32 csillagászati egység lett. A csillagászok természetesen nem mulasztották el ezt az alkalmat, hanem felhasználták a Nap parallaxisának újabb meghatározására. Eredményül $8,806'' \pm 0,003''$ adódott.

Még előnyösebb volt az Erosz nagy-szembenállása 1930/31 telén: távolsága mintegy 0,17 csillagászati egységre csökkent. A megfigyelésre való előkészületek már évekkal előbb megkezdődtek. Először is nagy körültekintéssel újra számították a kisbolygó pályáját, majd kiterjedt vizsgálatokat végeztek az előforduló megfigyelési hibák természetét illetően, hogy azok hatását minimálisra lehessen csökkenteni.

Az észleléseket elsősorban fotografikus úton körülbelül a következőképpen eszközölték. A Föld különböző helyeiről és különböző időpontokban lefényképezték az égnak azt a részét, ahol az Erosz tartózkodott. A felvételek megvilágítási idejét rövidre választották, hogy az aránylag gyorsan mozgó kisbolygó egyes helyzeteihez tartozó időpontokat 0,1 másodperc pontossággal ismerjék. Így azonban egy-egy megvilágításnál a halványabb csillagok képe vagy egyáltalán nem, vagy pedig csak alig látszik a lemezen. Mivel a kisbolygó pontos helyzetének megállapítása a halvány, és ezért feltehetően igen távoli, mozdulatlanak látszó csillagok helyzetével való összehasonlítás révén lehetséges, továbbá mert az Erosz különben is az égbolt fényesebb csillagokban szegény vidékén haladt keresztül, a halványabb csillagok képére éppenséggel szükség volt. Másrészt a pozíció-mérést akkor lehet a legpontosabban elvégezni, ha a lemezen a kisbolygó és az összehasonlító csillagok képe hozzátétőlegesen egyforma erősségű. Ezért ugyanarra a lemezre többször ráfényképezték az Eroszt; így a kisbolygó mozgását egy pontozott vonal jelezte, a halvány csillagok képe viszont az ismételt ugyanazon helyre eső fénybehatás miatt az Erosz képével egyenlő feketedésű lett. Az összehasonlító csillagokat úgy választották ki, hogy színük közel megegyezzek a kisbolygó színével. Ezek helyzetét előzőleg rendkívül pontosan meghatározták.

* Az Amor nevű kisbolygó legkisebb földtávolsága 0,11, az Apollóé 0,076, az Adoniszé viszont 0,015 csillagászati egység. 1937 október 28/29 éjjelén egy egészen rendkívüli kisbolygót fedeztek fel Heidelbergben, mely a Hermes nevet kapta. A következő napon a Földtől mért távolsága mindössze 0,004 csillagászati egység = 570 000 km-re csökkent. Pályaelemeit azonban sajnos nem tudták olyan pontosan meghatározni, hogy még egyszer megtalálhatták volna.

Ennyi előkészület után hozzá lehetett látni az észlelésekhez. A legnagyobb földközelség előtt mintegy öt hónappal, 1930. augusztus 26-án pillantották meg először az Eroszt Berlin-Babelsbergben. Ettől kezdve az északi félgömbön 18, a déli félgömbön pedig 6 csillagda fokozatosan kapcsolódott be a megfigyelésekbe. A kisbolygó — melyről összesen 2847 felvételt készítettek — 1931. január 30-án jutott földközelségbe, amikor távolsága 26 millió kilométerre csökkent.

Az összegyűlt hatalmas megfigyelési anyag minden részletre kiterjedő feldolgozása nem kevesebb, mint tíz esztendeig tartott. A végeredményt 1941-ben hozták nyilvánosságra, mely szerint a Nap parallaxisa

$$P = 8,790'' \pm 0,001'' \text{ valószínű hiba,}$$

ami azt jelenti, hogy a Nap távolsága mai ismereteink szerint 23 465,3 földátmérő, 149 670 000 km.*

Megemlítjük még, hogy újabban radar-visszaverődés segítségével próbálják a Hold, valamint a Merkúr, Vénusz, Mars és Jupiter bolygók távolságát meghatározni. A kialakulóban lévő módszertől igen nagy pontosságot várnak.

Izsák Imre

* A Erosz kisbolygó pályájának perturbációit vizsgálva, tehát tömegvonzási hatások alapján 1950-ben a Nap parallaxiséra $8,798'' \pm 0,0004''$ adódott; ennek megfelelően a csillagászati egység 149 532 000 km.

A TURBULENCIA-ELMÉLET ÉS CSILLAGÁSZATI JELENTŐSÉGE

Az utóbbi években a csillagászatban és számos rokon tudományban az a felfogás alakult ki, hogy a turbulencia-elméletnek, a hidrodinamikai folyamatok leírásánál, az eddiginél nagyobb teret kell biztosítani. E felfogás alapját azok a tapasztalatok alkották, melyek szerint turbulens mozgás sokkal gyakoribb a természetben, mint a nem-turbulens (réteges, lamináris). Elvi szempontból igen fontos, hogy a turbulens mozgás szabadsági foka igen nagy (sokkal nagyobb, mint laminárisé), és így remélhető, hogy a turbulencia-elmélet segítségével sokkal nagyobb számú jelenség foglалható egységbe, mint az eddigi ún. klasszikus hidrodinamikai módszerekkel.

Lássuk tehát először, mi a turbulens mozgások jellegzetessége, a laboratóriumokban megismerhető tapasztalataink alapján.

Régóta ismeretes, hogy a nagy sebességgel áramló folyadékok mozgási törvényei bonyolalmasabbak, mint a lassan áramlóké. Jól megfigyelhető, hogy a csatornában áramló folyadék sebessége kisebb a fal közelében, mint a központi részen. Megfigyelhetjük ezt a törvényszerűséget a folyók áramlásában is, a „folyó sodra” nem más, mint ennek népies kifejezése. Teljesen hasonló törvényszerűséget követ a csőben áramló folyadék vagy gáz is. A folyadékok és gázok áramlási törvényeinek leírásánál azt keressük, hogy a sebesség hogyan függ a faltól való távolságtól. Azt a függvényt, amely ezt a kapcsolatot matematikailag megadja, a sebesség eloszlási függvényének, vagy röviden sebességeloszlásnak nevezzük. Ilyen függvények megállapítása, lassú áramlás esetén az ún. hidrodinamikai mozgásegyenletek megfelelő megoldásával lehetséges. Elméleti vizsgálatokból az következik, hogy a sebességeloszlás a folyadék vagy a gáz belső súrlódásától, viszkozitásától függ. Az a folyadék, amelynek belső súrlódása nagy (glicerín, sűrű olaj), a cső közepén csak kevéssel áramlik gyorsabban, mint a fal közelében, ellentétben a kis belső súrlódású folyadékokkal, vagy gázokkal, amelyek már a faltól aránylag kis távolságra is gyorsan áramlanak. A folyadék vagy gáz áramlási sebességét a reá gyakorolt mozgás fokozásával tudjuk növelni. Ugyanazon nyomás mellett azonos keresztmetszetű

csövekben, a kisebb belső súrlódású folyadékokból több áramlik át, mint a nagyobb belső súrlódásúból.

Régóta ismeretes azonban már az is, hogy ez a törvényszerűség lényegesen megváltozik akkor, ha az áramlás sebessége igen nagy. Pl: ha a csőben áramló víz sebességét a reá gyakorolt nyomás fokozásával növeljük, úgy az áramlás törvénye bizonyos nyomásnál (sebességnél) hirtelen megváltozik. A legfeltűnőbbben ez abban mutatkozik, hogy a nyomás további fokozásával a csőben átáramló víz mennyisége már alig változik. A pontosabb vizsgálatok azt mutatják, hogy a folyadék úgy viselkedik, mintha e kritikus nyomástól kezdve belső súrlódása igen nagy mértékben megnövekedett volna.

Mi történt a folyadékkal a nagysebességű áramlás közben, mitől növekedett meg a belső súrlódása? Erre a kérdésre, legalább is részben, feleletet ad a következő kísérlet: vezessünk áramló folyadékba óvatosan festéket, vagy gázba eltérő színű felhőt. Azt tapasztaljuk, hogy lassú áramlás esetén a festék hosszú csíkot alkot, amely csak lassan keveredik környezetével. A nyomás fokozásával áramoltassuk a folyadékot mind gyorsabban és gyorsabban. A kritikus nyomásnál a festékcsíkon hirtelen hullámok futnak végig, majd a csík teljesen elmosódik, vagyis igen gyorsan keveredik környezetével. A gondosabb megfigyelések azt mutatják, hogy az utóbbi esetben a folyadékban nagyszámú rendezetlen örvény keletkezik. E fellépő örvényeknek kell tulajdonítanunk az áramlási törvény megváltozását, a festékcíkok gyors keveredését, és a belső súrlódás megnövekedését.

A folyadékok és a gázok molekuláris elmélete szerint a molekulák keveredése és a belső súrlódás között fontos összefüggés van. A molekulák keveredését a festékcsíkok lassú elmosódása, diffúziója mutatja. A csatorna vagy a cső központi részén a folyadék áramlási sebessége nagyobb lévén, mint a fal közelében, a megfelelő molekulák mozgási energiája is különböző, mely maguknak a molekuláknak diffúziós mozgása (keveredése) révén igyekszik kiegyenlíteni. Ez a jelenség makroszkopikusan úgy mutatkozik, mintha a cső közepén áramló folyadék a fal közelében levő folyadékhengerben súrlódással mozogna. (Ebből ered a belső súrlódás elnevezés.)

A festékcíkok gyors elmosódásából ezekután arra következtethetünk, hogy nagy sebességek esetén a mozgási energiák különbsége is nagy lévén, kiegyenlítődések nem a molekulák diffúziós mozgása révén történik, hanem a folyadékrészek (örvények) makroszkopikus mozgása következtében. A sebességeknek ily módon való kiegyenlítődése (kicserélődése) sokkal gyorsabb, sokkal nagyobb hatásfokú, mint a megfelelő molekuláris jelenség. Innen érthető, hogy örvényes keveredés esetén úgy tapasztaljuk, mintha a folyadék-

részek igen erősen súrlódnának egymáshoz, vagyis, inintha belső súrlódásuk megnövekedett volna.

A folyadékok vagy gázok e mozgási állapotát „turbulens”-nek, a fellépő látszólagos belső súrlódást turbulens keveredésnek vagy turbulens viszkozitásnak nevezzük. (Az alábbiakban a két elnevezést felváltva fogjuk használni, sőt a jelenség mechanizmusát jobban kifejező „örvényes keveredés” elnevezést is fogjuk használni.)

Turbulens mozgást természetesen nemcsak a csőben vagy csatornában, hanem sík lap vagy fal mellett eláramló folyadékban is megfigyelhetünk. A gázok áramlása pedig csaknem mindig turbulens. Ez az oka, hogy a természetben megfigyelhető gáz (levegő) áramlások majdnem mindig turbulensek. Különösen a talaj közelében, vagy tereptárgyak mögött figyelhetjük meg a turbulenciát a por vagy a falevelek örvénylő mozgásában.

Turbulencia azonban nemcsak a fal vagy a talaj közelében keletkezhetik. Bizonyos felhőtípusok (kumulusz, cirrusz) szerkezetéből és mozgásából arra következtethetünk, hogy ott a légkörben hatalmas méretű örvények vannak. Ezek az örvények a légkör különböző sebességű és különböző hőmérsékletű részei között végeznek éppen olyan energia-cserét, mint azt a csőben áramló vízben az előbbieken megismertük. A lényeges különbséget csupán az egyidejűleg fellépő termodinamikai jelenségek adják. Az örvények közepén a hőmérséklet környezeténél alacsonyabb, így erőteljesebb párákicsapódás indul meg, az örvény megszűnésével a kicsapódott vízgőz természetesen ismét elpárolog. A felhők tehát az örvények méretét és élettartamát mutatják. Változatos alakjukból és gyors változásukból tehát arra következtethetünk, hogy az örvények mérete és élettartama igen különböző.

Hasonló jelenségekből következtethetünk arra, hogy a Nap és az egyes bolygók (Jupiter, Szaturnusz) légkörében is turbulens mozgási állapot van. A napfelület granulációi, ezek szerkezete és gyors alakváltozása igen hasonlít a felhőkéhez. Így már a pusztán analógia is arra vezet, hogy a Nap felületén is turbulencia van. A kromoszférában megfigyelhető protuberancia felhők szerkezete és mozgása a kromoszferikus turbulenciákra mutat. A turbulenciaelméletnek egyik fontos csillagászati szerepe a Tejútrendszer intersztelláris anyagának dinamikai elméletében van. Az intersztelláris anyagokat ugyanis a környező csillagok megvilágítják. Fényességük a sűrűségüktől függ, így a megfigyelhető fényességeloszlásbeli ingadozások a sűrűség egyenlőtlen eloszlására mutatnak. Éppen ebben különbözik az intersztelláris gázok turbulenciája a folyadékok turbulenciájától. A folyadékok összenyomhatatlanok, így sűrűségük az örvények keletkezésével nem változik. Az elmélet szerint

azonban az örvény keletkezésekor központja sűrűségének növekednie, hőmérsékletének pedig csökkennie kell. Ez a változás azonban igen kicsi, annyira, hogy a természetben megfigyelhető turbulenciában csak ritkán jelentkezik vagy nehezen mutatható ki. Más a helyzet azonban az intersztelláris anyagoknál, ezek sűrűsége igen csekély és emiatt a sűrűségváltozás mint jól megfigyelhető effektus jelenik meg.

A turbulencia tehát közel sem olyan elszigetelt jelenség, amely csak a csőben vagy a csatornában áramló folyadékot jellemzi, hanem azt mondhatjuk, hogy a természetnek egyik leggyakoribb jelensége. Sőt vannak kutatók, akik azt hangoztatják, hogy a turbulencia sokkal természetesebb, mint a nem turbulens mozgás. Nem az különös a természetben, hogy turbulens mozgás van, hanem az a rendellenes eset, ha a mozgás nem turbulens. Ha a turbulens mozgást a gázok rendezetlen molekuláris mozgásával hasonlítjuk össze, akkor a laminárisnak a molekulák egymással párhuzamos mozgása felelne meg. Elképzelhető, hogy egy ilyen mozgással kidolgozott gázelmélet számos természeti jelenséget nem tudna megmagyarázni. Hasonló a helyzet a turbulencia-elmélettel is; a természet rendkívül változatos jelenségeit meddő kísérlet volna a gázok lamináris mozgásaira kidolgozott elméletekkel egységbe foglalni.

Az előbbiekből már világos, ha a turbulencia csillagászati szerepét akarjuk vizsgálni, nem maradhatunk meg a csőben vagy a csatornában áramló víz törvényeinek felkutatásánál. Ezek a mozgások már első pillanatra is megszorítottnak látszanak, amelyekből aligha tudunk általános törvényszerűségeket levonni. Az általános törvények megállapításához a levegő, a tenger, a folyók stb. mozgásának megfigyelésén kívül még számos kísérletet kell összeállítanunk (szélcsatornában különböző alakú testek mögött vagy drótháló mögött fellépő turbulenciák stb.). E jelenségek általános törvényeit kutatja a turbulencia-elmélet, mely hosszú ideig csak empirikus, tapogatózó jellegű volt. Csupán az utóbbi években emelkedett az exakt tudományok közé.

Melyek tehát a turbulens mozgások általános sajátosságai? Az előbbieken tárgyalt örvényes keveredés általános sajátosság. E keverési folyamat feltételeit és tulajdonságait legelőször *Reynolds* vizsgálta. Elméleti vizsgálataiban rámutatott, hogy a turbulencia beállásának okát a lamináris áramlás stabilitásának megszűnésében kell keresnünk. Az áramló folyadék stabilitását olyan módon értelmezzük, hogy az áramlás szerkezete (az áramlási vonalak alakja) hogyan változik meg, ha külső zavar éri. Ha az áramlás stabilis, úgy az előbbieken tárgyalt festékcsik — a zavar, pl. az edény

falának következtében — pillanatnyilag elmosódik ugyan, de utána. (ha a zavar megszűnik), ismét beáll az eredeti mozgási állapot. Ha azonban a mozgási állapot labilis, úgy ha bármilyen kis zavar is lép fel a folyadékban, az rohamosan nőni kezd, megszűnik a folyadék rendezett (áramvonalas) mozgása s ekkor beáll a turbulencia. A turbulenciát tehát az jellemzi, hogy megszűnik a sebesség kööttsége és a folyadék áramlása a tér bármely pontjában minden irányú és nagyságú lehet. Értékét nem adhatjuk meg, csak azt, hogy egy térfogat elemében valamely sebességnek mekkora a valószínűsége. A turbulenciát tehát az jellemzi, hogy a folyadék mozgásának szabadsági foka igen nagy. Az elméletben tehát azt kell vizsgálnunk, hogy nagy szabadsági fok esetén — melyek lesznek az áramlás jellemző tulajdonságai. Az elmélet egyik legfontosabb megfigyelési alapja, hogy e kaotikus, stabilitását veszített mozgásban viszonylag stabil örvénymozgások lépnek fel, így az egész teret hamarosan nagyszámú, különböző méretű és élettartamú örvények töltik be.

A folyadékok vagy gázok részecskéinek mozgása, turbulencia esetén, igen bonyodalmas. Nemcsak az áramlás eredeti irányában végeznek mozgást, hanem arra merőlegesen is. A jelenség lényegesen áttekinthetőbb, ha a sebesség pillanatnyi értékei helyett a középértéket vizsgáljuk, amelyet egy nagyobb térfogat és időelem-ből átlagértékképzéssel kapjuk. Ha sebesség pillanatnyi értékét v -vel, átlagértékét \bar{v} -vel jelöljük, úgy:

$$v = \bar{v} + v^*$$

áll fenn, ahol v^* a középértéktől való eltérés (fluktuáció). A turbulencia-elmélet egyik legfontosabb problémája, hogy összefüggést vezessen le \bar{v} és v között. Evégből az átlagértékekre vezetünk le egyenleteket. Sajnos csak olyan egyenletek vezethetők le, melyekben a \bar{v} -n kívül koordinátáinak másodrendű szorzatai is szerepelnek ($\bar{v}_i \bar{v}_k$, melyeket a sebesség másodrendű korrelációinak nevezünk). Így a probléma tovább bonyolítódik és e másodrendű szorzatokra is kell egyenleteket levezetnünk, ezeknek együtthatói már csak az átlagértékeket tartalmazzák, de annyira bonyodalmasak, hogy megoldásuk nem lehetséges. *Taylor* mutatott reá legelőször arra, hogy a fluktuációk helyett célszerűbb azok Fourier-transzformáltját bevezetni, mert ekkor az egyenletek egyszerűbbek lesznek. Ekkor ugyanis azt vizsgáljuk, hogy a fluktuációk hogyan állíthatók elő közönséges szinuszfüggvények végtelen sorával. Az ún. Fourier-spektrál-függvény bevezetésével megkapjuk, hogy egy bizonyos hullámhosszúságú szinuszfüggvény mekkora súllyal szerepel

a v' -ben. Szoros analógiában van ez a fénytánban ismert szinképpel (spektrummal) és a Planck-féle sugárzási törvénnyel. Ugyanis a fénytani spektrum nem egyéb, mint a bonyodalmas összetételű rezgésekből álló fehér fény felbontása különböző hullámhosszúságú (színű) szinuszos összetevőkre. Az optikai szinképet prizma segítségével közvetlenül megfigyelhetjük, a sugárzási törvényt pedig közvetlen méréssel (bolométerrel) állapíthatjuk meg. A turbulenciában a spektrál-függvény eredetileg formális, tisztán elméleti jellegű. Az utóbbi években azonban rámutattak arra, a hullámhosszúságokat úgy tekinthetjük, mint az örvények átmérőjét. Ezek szerint a Fourier-spektrum megadja, hogy a különböző méretű örvények mekkora súllyal szerepelnek.

A turbulencia spektrál-függvényének meglepő és szellemes megoldását adta *Kolmogorov* szovjet akadémikus. Kiindult abból, hogy a turbulencia igen kevésbé függ a folyadék vagy a gáz anyagi minőségétől, sőt a faltól elég távol a különböző méretű örvények keveredési arányszáma csaknem állandó. Más szóval, mint azt *Kolmogorov* megfogalmazta, a turbulencia első közelítésében homogén és izotróp (vagyis az iránytól is független). Emellett azonban megfigyelhető, az is, hogy v' legnagyobb értékei lényegesen nagyobbak, mint a közepes sebesség. (Az örvények tehát gyorsan forognak, és lassú haladó mozgást végeznek.) Első közelítésben tehát a közepes sebesség is elhanyagolhatóan kicsi. E három egyszerűsítés mellett azonban a spektrál-függvény meghatározható, és így kapjuk, hogy a hullámhossznak egyszerű hatványfüggvénye:

$$F(k) = c \cdot k^{-5/3}$$

ahol $F(k)$ a spektrál-függvény és k a hullámszám, mely a hullámhossz reciprok értékének π -szerese ($k = 2\pi/l$). A formula szerint a nagyobb méretű örvények energiájának átlagértéke nagyobb, mint a kisebb-méretű örvényeké.

Kolmogorovtól függetlenül, néhány évvel később *Weizsäcker* és *Heisenberg* is levezette a turbulencia spektrál-függvényét, más egyszerűsítések mellett. Szerintük a spektrál-függvény:

$$F(k) = c \cdot k$$

A két különböző levezetés összekapcsolása révén új spektrál-függvényt lehetett felírni:

$$F(k) = \frac{a \cdot k}{(1 + bk^{3/4})^2}$$

melynek érvényességi határa lényegesen nagyobb, mint a *Kolmogorov* vagy mint a *Weizsäcker*—*Heisenberg*-féle spektrál-függvényé.

A turbulencia vizsgálatok jelenlegi állapotában egyik legfontosabb feladat a spektrál-függvény meghatározása.

A magaslégköri turbulenciák spektrál-függvényének meghatározása igen szellemes módon történt egy lehulló óriásmeteor csóvájának diffúziójából. A meteor által ionizált gázok ugyanis hosszú ideig (kb. 30 perc) megfigyelhetők voltak. A kezdetben fonálszerű felhő azonban a magaslégkör turbulenciája miatt lassan szétoszlott, örvényekre bomlott. A különböző nagyságú örvények számából és az eredeti vonaltól való elmozdulásukból meg lehetett határozni a spektrál-függvényt. Az így meghatározott spektrál-függvény ugyan igen durva észlelési hibákat tartalmaz, mégis elfogadható egyezést mutatott a fent tárgyalt spektrál-függvénnyel.

Az interstelláris gázfelhők turbulenciáját legelőször *Aller* határozta meg a Palomar-hegyi csillagvizsgáló 120 cm-es Schmidt-kamarájával (vörös-szűrővel) készített felvételekből. Matematikailag jól megindokolt eljárás segítségével először a korreláció függvényt határozta meg és ebből számítással a spektrál-függvényt. Igen jó egyezést kapott a spektrál-függvény fenti alakjával.

A szimeizi csillagvizsgáló nagyfényerejű távcsövével *Pikelner* és *Sajn* szovjet csillagászok megismételték *Aller* vizsgálatát. Főképpen azt vizsgálták, hogy a turbulencia izotróp sajátja-e mennyire teljesül, mert *Aller* vizsgálataiban erre nem tért ki. Az egymásra merőleges metszetekből meghatározott spektrál-függvények azonban nem voltak egyformák, ami világosan mutatta a turbulencia anizotrópiáját. Fejtegetésükben arra mutattak rá, hogy a kiválasztott terület két különböző sebességű felhő találkozási frontjára emlékeztet, ami az izotróp turbulenciát már önmagában kizárja.

Aller, *Pikelner* és *Sajn* vizsgálatai azonban lényegében azonos eredményre vezettek. Kimondhatjuk tehát, hogy a Tejútrendszer ionfelhői közelítésben homogén izotróp turbulenciában vannak és ettől csak különösen aktív vidékek térnek el, ahol a turbulencia a speciális feltételektől függő anizotrópiát mutat.

Az empirikus kozmogónia szempontjából igen fontos eredmény az, hogy a 10 parsec átmérőjű felhők gyakorisága a legnagyobb, melyek tömege nagyságrendben a főágbeli csillagok tömegéből egyenlő, vagyis azoknak a csillagoknak tömegével, melyek gyakorisága a legnagyobb. Ez az eredmény figyelemreméltó perspektívában tünteti fel azt a kozmogóniai felfogást, mely szerint a csillagok az interstelláris felhőkből alakulnak ki. Úgy képzelhetjük, hogy a turbulens felhők kozmogóniai idők folyamán csillagokká sűrűsödnek anélkül, hogy tömegük lényeges veszteséget szenvedne.

Jeans számításai szerint a gravitációs erők képesek arra, hogy

ilyen folyamatot megindítsanak, azonban csak kb. 100 parsec átmérőjű gáztömegben indulhat meg ilyen kondenzációs folyamat.

Természetesen nem kondenzálódik szükségszerűen egyetlen csillaggá, hanem úgy is képzelhetjük, hogy rendkívül heves mozgásokkal és energiafluktuációkkal, vagyis turbulenciával jár. Így előbbutóbb örvényekre bomlik, miközben a megindult kondenzációs folyamat továbbfolytatódik. Az empirikus kozmogónia szempontjából igen fontos, hogy a turbulencia-elmélet a csillagoknak csoportokban való keletkezésére magyarázatot tud adni.

A turbulenciának egyik legfontosabb mechanikai hatása a belső sűrűlódás megnövekedése. Mint említettük laboratóriumban ennek meghatározására viszonylag egyszerű mód van. A Nap és csillagok légkörének turbulens mozgásából lényegesen nehezebb ez a feladat. Itt ugyanis a sebességeloszlásból kell következtetnünk a belső sűrűlódás együtthatójára. A csillagoknál természetesen ilyen megfigyelés majdnem teljesen lehetetlen.

A Nap légkörének nagyméretű mozgásainak sebességeloszlásából elméletileg meghatározhatjuk a belső sűrűlódás együtthatóját. Ilyen számítások azt mutatják, hogy a Nap légkörében a sűrűlódás együtthatója igen nagy, 10^{13} nagyságrendű. (A molekuláris sűrűlódási együttható az egységgel egyenlő nagyságrendű, a laboratóriumban előállítható és a légkörünkben megfigyelhető turbulens folyamatok megfelelő belső sűrűlódási együtthatója 10^5 — 10^9 nagyságrendű.) Azok az anyagok, amelyek molekuláris belső sűrűlódása ilyen nagy, érzékeink alapján inkább szilárd halmazállapotúnak mutatkoznak, mint folyadéknak vagy gáznak. Ilyen nagy belső sűrűlódása van pl. a gleccsereknek vagy az üvegnek. Nem szabad azonban ebből arra következtetnünk, hogy a Nap nem gáz, hanem inkább szilárd halmazállapotú (mint pl. az üveg). A turbulens belső sűrűlódás csupán statisztikai tulajdonságot fejez ki, arra az esetre, ha az átlagértéket több ezer köbkilométeres méretű térfogatelemre képezzük. E mennyiségnek tehát csak olyan folyamatok leírásánál lehet szerepe, melyek ezer kilométernél sokszorta nagyobb kiterjedésűek (pl. a csillagok áramlása). Így világos, hogy semmi kapcsolatban sincsenek a molekuláris sajátságokkal, mivel ezeket olyan közepelés útján kapjuk, hogy a megfelelő térfogatelem a molekulák méreteivel hasonlítható össze (tehát legfeljebb mikro-milliméter nagyságrendűek).

Az újabb vizsgálatok arra vezetnek, hogy a csillagászatban felépő turbulens jelenségek mindig kapcsolatban vannak termodinamikai és elektromágneses jelenségekkel. E kapcsolatok eddigi legérdekesebb eredményei annak felismerése, hogy a hő- és az elektromos vezetőképesség is a turbulencia következtében a belső sűrűlódás

dáshoz hasonló változást szenved. Ha a hőmérséklet változása igen nagy, akkor a hőcsere nemcsak a molekulák termikus mozgása révén, hanem áramlás, konvekció útján is megindul. A konvektív hőcsere azonban sokkal gyorsabb, mint a molekuláris, ami a hővezetési együttható látszólagos növekedésével egyértelmű. Az ionizált gázok molekuláris vezetőképessége a fémekével hasonlítható össze, elméletileg azonban a turbulencia következtében a makroszkopikus vezetőképesség annyira lecsökken, hogy a szigetelőkkel hasonlítható össze. Laboratóriumban azonban eddig a vezetőképesség lecsökkenését nem sikerült kimutatni. (ti. nem sikerült megfelelő kísérleti berendezést összeállítani).

A turbulens folyamatok a jelenségek dinamikai tulajdonságait lényegesen megváltoztatják. A belső súrlódás, a hővezetőképesség megnövekedése, az elektromos vezetőképesség lecsökkenése olyan effektusokkal jár, melyek már bizonytalanabb észlelésekben is jól mutatkoznak. Így nem közömbös, hogy egy csillagászati problémát a turbulencia-elmélet figyelmen kívül hagyásával vagy annak felhasználásával tárgyalunk. Számos asztrofizikai és kozmogóniai jelenség van, melyek kielégítő megmagyarázása csak a turbulencia-elmélet alapján volt lehetséges.

Csada Imre

B. A. Voroncov-Veljaminov:

ASZTROFIZIKA*

Az asztrofizika (a görög „asztron” = „csillag” és fűzisz = „természet”) a csillagászat tudományának az az ága, amely az égitestek és az intersztelláris anyag fizikai állapotának és kémiai összetételének vizsgálatával foglalkozik. Beletartozik az asztrofizikai módszerek kidolgozása és ezeknek a módszereknek felhasználása az asztromómia feladatainak megfelelően (gyakorlati asztrofizika), valamint az égitestek szerkezetét és a bennük végbemenő folyamatokat megvilágító elméletek kidolgozása (elméleti asztrofizika). A gyakorlati és elméleti asztrofizika elválaszthatatlan kapcsolatban van egymással.

Alapvető kutatási módszerei alapján a gyakorlati asztrofizika több önálló ágazatra osztható fel. Ilyen az *asztrofotografia*, az *asztrofotometria* és az *asztrospektroszkópia*. Egyes objektumok tanulmányozása azonban, jöllehet e módszerek segítségével történik, gyakran külön, csak az illető objektumra jellemző sajátossággal rendelkezik, miért is az asztrofizikát gyakorlatilag néha a kutatás tárgyai alapján osztják fel (például — a Nap fizikája, csillagok fizikája, az üstökösök és meteorok fizikája stb.). Az elméleti asztrofizika pedig felosztható a csillagok atmoszférájának fizikájára, a csillagok belső szerkezetének elméletére, valamint a gáznemű ködök és az intersztelláris közeg fizikájára.

Az asztrofizika a fizikával szoros kölcsönhatásban fejlődött. Az égitestekben a csillagok közötti térben az anyag gyakran olyan állapotban van, amely laboratóriumokban nem állítható elő. Az anyag ilyen állapotban történő tanulmányozása kiszélesíti a fizikusok kísérleti alapját. Az elméleti fizika területén végzett kutatások gyakran ellenőrizhetők az égitestek megfigyelése útján. Az asztrofizika szoros kapcsolatban van a sztellarasztrónómiával, amely a csillagrendszerek szerkezetének és fejlődésének törvényszerűségét kutatja.

* A Nagy Szovjet Enciklopédiában az *Asztrofizika* címszó alatt megjelent cikke.

De kapcsolatban van az asztrofizika a geofizikával is, minthogy az asztrofizikai jelenségek egész sora közvetlen hatást gyakorol a geofizikai folyamatokra (például — mágneses viharok, ionoszféra stb.). A geofizika bizonyos feladatait asztrofizikai módszerek segítségével oldják meg, másrészt viszont az asztrofizikában felhasználják a geofizika eredményeit. Végül az asztrofizika szorosan összefügg a kozmogóniával, amely az égitestek és rendszereik fejlődésének törvényszerűségeit kutatja, valamint a kozmológiával is, amely a világ-egyetem-tanulmányozás számára hozzáférhető részének alapvető törvényszerűségeit igyekszik megismerni. Az asztrofizika gyakran összefonódik az asztronómia és fizika más ágaival is, úgyhogy szinte lehetetlen éles határt vonni közöttük.

I. Az asztrofizika története

Az égitestek egyes jellemzői, amelyek a modern asztrofizika kutatásainak is tárgyai, már a távoli ókorban magukra vonták a figyelmet. Így, időszámításunk előtt a 2. évszázadban fényességük alapján hat nagyságrendbe sorolták a szabad szemmel látható csillagokat, a legfényesebbeket első, a leghalványabbakat pedig a hatodik nagyságrendűeknek nevezték el. Egyes megfigyelők leírták az égitestek színét. A 17. században már teleszkóp segítségével kezdték tanulmányozni a Nap, a Hold és a bolygók felületét. *M. V. Lomonoszov* 1761-ben felfedezte, hogy a Vénusz bolygónak légköre van. Felfedezték és tanulmányozták az úgynevezett változó csillagok és a novák fényének változását. A 18. században próbálkoztak meg először a csillagvilág szerkezetének tanulmányozásával és ugyanakkor kidolgozták a fotometria alapjait. A 19. század elején Fraunhofer sötét vonalakat észlelt a Nap színeképében. 1847-ben *V. J. Sztruve* orosz csillagász felfedezte, hogy a fény elnyelődik a csillagok közötti térben. Mindazonáltal a gyakorlati asztrofizika csak a 19. század derekán indult tulajdonképpeni fejlődésnek azzal kapcsolatban, hogy a kísérleti fizika újabb eredményekkel gazdagodott. Feltalálták a szinképelemzést és kidolgozták a fényképezés módszereit, amelyek fejlődése viszont az ipari technika viharos ütemű előrehaladásával volt kapcsolatos.

Az elméleti fizika kidolgozása a 20. század elején, különösen a sugárzáselmélet és atomfizika nagy eredményei, előfeltételeiül szolgáltak az elméleti asztrofizika létrehozásának és a gyakorlati asztrofizika továbbfejlesztésének. Így az asztrofizika igen fellendült és mély tartalmat kapott, mert az elméleti fizika eredményei lehetővé tették az égitestek asztrofizikai megfigyeléséből ismeretes nagyszámú tény megmagyarázását.

A 19. században a különböző égitestek színekének tanulmányozásával és fényerősségük megméréseivel úttörő munkát végzett az asztrofizika területén *F. A. Bregyihin* (Moszkva, Pulkovo), *V. K. Ceraszkij* (Moszkva), *A. A. Belopolszkij* (Moszkva, Pulkovo), *Secchi* (Olaszország), *Huggins* (Anglia), *Vogel* (Németország), és *E. Pickering* (Amerikai Egyesült Államok). A 20. század húszas éveitől az obszervatóriumok főleg terjedelmes megfigyelési anyag összegyűjtésével foglalkoztak. Megállapították rengeteg csillag színét és fényerősségét, osztályozták a csillagszíneképeket, regisztrálták az üstökösök és ködfoltok spektrumát, spektroszkóp segítségével megfigyelték a Nap protuberanciáit, megmérték a csillagok radiális (látósugár irányába eső) sebességét. De ugyanekkor *F. A. Bregyihin* már kidolgozta az üstökösalakzatok elméletét, megmagyarázta az üstökösök és meteorok rokonságát és az elméleti kutatómunkában először vette messzemenően figyelembe az általános vonzóerő mellett a taszítóerőt. Nagyon az érdemei *V. K. Ceraszkij*nak, aki tökéletesítette a fotometria módszereit és, mindenki mást megelőzve, először próbálkozott meg Moszkvában kísérleti úton a Nap hőmérsékletének és nagyságrendjének meghatározásával. *A. A. Belopolszkij* Moszkvában az elsők között alkalmazott nagy nyílásszögű fotokamrárt az égbolt nagy tartományainak fényképezésére, lefényképezte a Napot és tanulmányozta forgásának törvényeit. Pulkovóban kísérletileg igazolta, hogy a fény hullámhossza a fényforrás és a megfigyelő egymáshoz viszonyított elmozdulása esetén megváltozik, bebizonyította a Szaturnusz gyűrűinek meteoritszerkezetét, felfedezte több csillag, köztük a cepheidák radiális sebességének ingadozását, aminek alapján *N. A. Umov* Moszkvában elsőként állította fel a csillagok pulzációjának (lúktetésének) hipotézisét. *A. A. Belopolszkij* volt az orosz asztrofizikusok és spektrofizikusok tudományos iskolájának megteremtője és vezetője. *G. A. Tyihov* meghonosította az asztrofizikában a fényszűrők használatát és segítségével kiderítette többek között a Mars felületén megfigyelhető különféle képződmények természetét. Az asztrofizika a technika fejlődésével, miután bevezették az asztrofizikai kutatómunka gyakorlatába az elektronikát, a rádiómetrikus mérési módokat és a legutóbbi időkben a kozmikus rádiósugarak vételeit is, az asztronómia vezető ága lett, s fejlődésének üteme tekintetében megelőzte az asztronómia más ágait.

Az anyag szerkezetére vonatkozóan felállított elmélet és különösen az atomelmélet, valamint a sugárzás — és a színekélmélet eredményessége alapján a 20. század első negyedében új időszak kezdődött — az elméleti asztrofizika erőteljes kifejlődésének időszaka. Az elméleti asztrofizikának, miközben széles körben felhasználja az elméleti fizika módszereit, gyakran olyan jelenségekkel van

dolga, melyek egyelőre még nem tanulmányozhatók laboratóriumokban (például az anyag szupersűrű és szuperritka állapota), és ilyenformán lényegesen kiegészíti a fizikát. Az elméleti asztrofizika elősegíti az égitesteken megfigyelt jelenségek lényegének megértését.

Az asztrofizika, miként az egész modern fizika is, a materializmus és az idealizmus ádáz harcának színtere. Az idealisták az asztrofizika, a kozmogónia és kozmológia még eléggé ki nem dolgozott kérdéseit arra használják ki, hogy reakciós eszméket csempésszenek be a tudományba és terjesszenek a világmindenség tér- és időbeli „végességéről”, „az anyag szakadatlan önteremtődéséről”, „a csillagok semmiből való spontán keletkezéséről”, „az energia megmaradási elvének korlátozott érvényességéről” stb. Az asztrofizika fejlődésének egész útja azonban a rajtunk kívül létező világ anyagi volta és e világ törvényszerűségeinek megismerhetősége mellett bizonyít. A mai külföldi asztrofizika képviselőire az égitesteken megfigyelhető bonyolult jelenségek határtalanul formalisztikus értelmezése jellemző. Az asztrofizika reakciós, idealista irányzatának művelői igen gyakran formális csillag- és csillagrendszer-modelleket építenek fel, elvont elméleti sémákból indulnak ki, melyek távol állnak a reális valóságtól. Bonyolult matematikai számítások indokolatlan alkalmazása útján munkáik „tudományosságának” látszatát keltik és ugyanakkor tagadják, hogy az objektív valóság megismerhető. Palástolatlan klerikalizmusba sülyednek, a világ kezdetének és végének téveszméjét propagálva.

Ezekről a burzsoa tudósokról szólt A. A. Zsdánov, midőn 1947-ben a filozófiai vita során a következőket mondotta: „Nézzük például *Eddington* angol csillagásznak a világ fizikai állandóiról szóló tanítását, amely nyílegyenesen vezet a pithagoraszai számmissztikához... Einstein számos követője, akik nem értették meg a megismerés dialektikus menetét, az abszolút és relatív igazság viszonyát, a világ véges, korlátozott térségben érvényes mozgástörvények kutatásainak eredményeit átvitték az egész végtelen világmindenségre és a világ végességéről, a világmindenség térbeli és időbeli korlátozottságáról beszélnek. Milne csillagász pedig még azt is »kiszámította«, hogy a világot kétmilliárd évvel ezelőtt teremtették. Ezekre az angol tudósokra ráillenek nagy honfitársuk, a filozófus Bacon ama szavai, hogy tudományuk tehetetlenségét a természet elleni rágalommal változtatják.”*

A szovjet asztrofizikusok és a hozzájuk csatlakozó haladó külföldi tudósok az idealista csillagászokkal ellentétben munkájukban a világ anyagi voltának és megismerhetőségének elfogadásából in-

* A. A. Zsdánov: A művészet és filozófia kérdéseiről. Második kiadás, 37—38. old. Szikra 1952.

dulnak ki és elméleteiket gondosan ellenőrzik az újabb megfigyelések alapján. Minden új felfedezés, minden új jelenség észlelése a világmindenség végtelen sokrétűségében egyaránt azt igazolja, hogy a világ és a benne végbemenő folyamatok törvényszerűségei megismerhetők. Az asztrofizika egyik legfontosabb következtetése, hogy Napunk, sem tömegét, sem abszolút fényességét, sem pedig térben elfoglalt helyzetét tekintve, nem valami kivételes égitest a csillagok között. A bolygók családja, mely a Napot körülveszi, szintén nem kivétel a világmindenségben. És tényleg az utóbbi évek folyamán, egyes, aránylag közeli csillagok körül, a Jupiterrel egyenlő nagyságrendű tömeggel bíró sötét testeket fedeztek fel, melyek azonban tömegüket tekintve, jóval elmaradnak a csillagok mögött. Sajnos a csillagászok rendelkezésére álló módszerek egyelőre még nem teszik lehetővé kisebb tömegű testek felfedezését, mindazonáltal semmi okunk sincs arra, hogy ilyenek létezését tagadjuk. Ellenkezőleg, az a tény, hogy egyes közeli csillagok körül keringő sötét testeket észleltek, melyeknek tömege a Jupiter nagyságrendjébe sorolható, minden alapot megad arra a feltevésre, hogy kisebb tömegű, Földünkhöz még inkább hasonló sötét égitestek is léteznek.

Másik fontos következtetése az asztrofizikának, hogy a végtelen világmindenség általunk tanulmányozott részének kémiai összetétele egységes és egységesek az égitesteken uralkodó fizikai törvényszerűségek is. Ezenkívül az utóbbi években szovjet asztrofizikusok (V. A. Ambarcumján és mások) felfedezték, hogy a különböző égitestek különböző időkben képződtek, ami ugyancsak fontos, mert más jelenségekkel egyetemben azt bizonyítja, hogy csillagok napjainkban is keletkeznek. Ugyanez vonatkozik a naprendszer kis égitestjeinek keletkezésére is. A szovjet asztrofizikának ezek a következtetései megcáfolják az angol—amerikai áltudósok koholmányait „a világ teremtetésének egyazon időpontjáról” és az összes égitestek azonos „koráról”.

A Szovjetunióban a főbb asztrofizikai intézmények a következők: A Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Krími Asztrofizikai Observatóriuma, A Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Főcsillagvizsgálója Pulkovóban, a Moszkvai Állami Egyetem keretében működő Sternberg Csillagászati Intézet, a Leningrádi Állami Egyetem Asztronómiai Observatóriuma, az Engelgardt Asztronómiai Observatórium Kazany közelében, a kievi és a harkovi egyetem asztronómiai observatóriuma. A felsorolt intézményeken kívül igen nagy jelentőségük van a szovjet asztrofizika előrehaladása szempontjából azoknak a külön asztrofizikai observatóriumoknak, melyeket a Szovjethatalom évei alatt szövetségi köztársaságokban — Abasztu-
manban (Grúz Szovjet Szocialista Köztársaság), Alma-Atában (Ka-

zah Szovjet Szocialista Köztársaság), Bjurakanban (Örmény Szovjet Szocialista Köztársaság) és Sztálinabádban (Tadzsik Szovjet Szocialista Köztársaság) — állítottak fel.

II. Asztrofotometria

Az asztrofotometria az égitestek fényességének mérésével és vizsgálatával foglalkozik. Megkülönböztethetünk elméleti asztrofotometriát, mely a bolygók, kozmikus por stb. által okozott fényvisszaverődés elméletét tanulmányozza és a gyakorlati asztrofotometriát. Az utóbbi az általa alkalmazott megfigyelési módszerek alapján vizuális (szem segítségével), fotografikus (fényképek alapján) és fényelektromos (fotocellák vagy fényelemek segítségével dolgozó) asztrofotometriára osztható fel.

A csillagok fényességének vizuális mérése közvetlen összehasonlítások útján történik; vagy ami ennél pontosabb eljárás, asztrofotométernek nevezett műszerek segítségével. Az asztrofotométerekben rendszerint mesterséges csillagocska van, mely egy kis fényrekesz ellenző mögött elhelyezett izzólámpa fénye. A mesterséges csillag fényerőssége megfelelő mértékben változtatható és ilyen módon egyenlővé tehető a teleszkóphoz csavározott fotométer okulárján a mesterséges mellett látható valódi csillag fényének intenzitásával. Ugyanilyen kiegyenlítődést lehet elérni úgy is, hogy a műszert más csillagra irányítjuk rá. A fényesebb csillagról a halványabbra való átmenetnél az izzó fényének intenzitását megfelelően csökkentenünk kell, és ennek a csökkentésnek a nagysága megadja a mért csillagok fényerősségében mutatkozó különbség mértékét. A mesterséges csillag fényének ismert mértékű gyengítését a leggyakrabban úgy érik el, hogy fényét polarizációs rendszeren vagy szürke (neutrális színű) üvegeken bocsátják keresztül, ahol a fény egy része elnyelődik. Az üvegekben a fényelnyelődés mértéke attól függ, milyen vastag az ék azon a helyen, ahol a fény éppen áthalad.

Megjegyzendő, hogy az asztrofotometriában a csillag fényessége alatt viszonylagos értéket; az illető csillag által a Föld felületén okozott megvilágítottság aránylagos nagyságát kell érteni, nem pedig a csillag felületi fényességét. Ez azzal függ össze, hogy a csillagok korongja még teleszkóppal sem látható.

A Hold, a bolygók stb. korongján a különböző helyek felületi fényességének mérésénél a fotométerben képzett mesterséges csillagocska helyett egy kis megvilágított felületet állítanak elő mesterséges fényforrás segítségével. Igen kis intenzitások, például, a Tejút, az állatövi fény és az ellenfény fotometrikus felvételénél az összehasonlítás céljaira rádióaktív ernyőt alkalmaznak.

Az asztrofizikában a csillagok fényerősségét az úgynevezett fundamentális csillagokra vonatkoztatva határozzák meg. Ilyen fundamentális csillagok többek között az északi pólus közelében levő egyes csillagok. A csillagok fényét nagyságrendekben fejezik ki, úgy, hogy a legfényesebb csillagokat az első nagyságrendbe sorolják, a még szabad szemmel látható leghalványabb csillagokat pedig — a hatodik nagyságrendbe. Amikor azt mondjuk, hogy két csillag fényessége kerekén egy nagyságrenddel különbözik egymástól, ez megállapodás szerint annyit jelent, hogy egyikük 2,512-szer fényesebb a másiknál. Ha két csillag fényerejét I_1 - és I_2 -vel jelöljük és nagyságrendjüket m_1 - és m_2 -vel, akkor egymáshoz való viszonyukat a $\log I_1 : I_2 = 0,4 (m_2 - m_1)$ képlet adja meg. A korszerű fényképeken látható leghalványabb csillagok huszonkettedik nagyságrendűek. Ezek 250 milliószor gyöngébb fényűek az első nagyságrendbe tartozó csillagoknál. Az első nagyságrendűeknél fényesebb égitestek nagyságrendjét nullával vagy negatív számmal fejezik ki. Így pl., a Szírius nagyságrendje —1,6, a Vénuszé —4, a Napé —26,7. A csillagok fényességének kifejezésére a laboratóriumi (fizikotechnikai) egységek gyakorlatilag nem alkalmas.

Az ilyen eljárást megnehezíti az, hogy a Föld légköre a különböző időkben különbözőképpen gyengíti a csillagok fényét. Az első nagyságrendbe tartozó csillagok a Föld felületét körülbelül $8 \cdot 10^{-7}$ lux fényerővel világítják meg.

Fényképfelvételeken a csillagok (az egyik csillag másikéhoz viszonyított) fényességét az általuk a negatívon előidézett feketedés foka és a korong mérete alapján mérik meg, amellyel képük a fényképen jelentkezik. Ezeknek a képeknek az összehasonlítása vagy szemmel, vagy pedig speciális műszerek (fotométerek) segítségével történik.

Az égitestek felületi fényességének fénykép alapján történő összehasonlítása céljából a negatív feketedésének, ill. a fényképlemez megvilágítottságának mértékét vizsgálják meg. A negatívok feketedését mikrofotométerrel mérik. Az égitestek fényességét fotométerrel vizsgáló vizuális megfigyelések és a fényképezés segítségével történő megfigyelések pontossága egy nagyságrend néhány századrésze, ami a megvilágítottságban néhány százaléknak felel meg.

Ennél tízszeresen, sőt többszörösen pontosabb a fényelektromos fotométerrel való mérés. Az ilyen fotométerben a csillag fénye, a fényelemre esik, ahol a fény elektromos áramot gerjeszt. A keletkezett áram felerősítés után galvanométerrel vagy más érzékeny műszerrel mérhető. Az áram erőssége arányos a megvilágítottsággal és ebből megítélhető a csillag fényessége. A csillagok fényének halvány-sága és ennél fogva a fényelemben kiváltott áram gyengesége, a

légköri villamos zavarok elleni küzdelem nehézsége, hajszálpontos műszerek hiánya és a használt műszerek kezelésének bonyolultsága mindmáig akadálya volt annak, hogy ez a módszer az asztrofizikában széles körben elterjedjen.

Az utóbbi évek folyamán azonban ezen a területen is nagy eredményeket értek el, és így kétségtelen, hogy ennek a módszernek még nagy jövője van.

Egyezményesen elfogadták, hogy az A0 színképosztályba tartozó fehér csillagok fényessége egyforma, ha a mérést a spektrum bármely szélesebb szakaszán végzik is el. Minél vörösebbek a csillagok, annál nagyobb a különbség fényességükben, ha azt vizuálisan, fényképezés útján, vagy különféle fényelemek segítségével határozzuk meg, mert a szem, a fényképlemez és a fényelemek nem egyformán érzékenyek a különféle színekre (pontosabban — a különböző hullámhosszúsággal bíró fényekre). Ez lehetővé teszi, hogy az égitest színét mennyiségileg mint az illető csillag különböző fényenergiafelfogó eszközök (szem, fényképlemez stb.) segítségével meghatározott nagyságrendjeinek különbségét fejezzük ki. Ezen az alapon vizuális, fotografikus stb. nagyságrendeket különböztethetünk meg. A fotografikus és vizuális úton megállapított értékek különbsége, az úgynevezett *színindex*, a nagyon vörös csillagoknál több nagyságrendet ér el.

Századrésznyi pontossággal megmérték csaknem minden nyolcadik nagyságrendnél fényesebb csillag és rengeteg, összesen körülbelül 50 ezer gyöngébb fényű csillag vizuális nagyságrendjét. Kisebb pontossággal megmérték mintegy 500 ezer csillag nagyságrendjét, megállapították az egész égboltozat több tízezer fényes csillagának és az égbolt egyes kiválasztott tartományaiban elhelyezkedő több százezer halványabb csillagnak pontos fotografikus nagyságrendjét.

Az égitestek által kisugárzott és a megfigyelőhöz eljutott teljes (és nem csupán a spektrum egyes szakaszaira jutó) energiát termoelemek segítségével mérik meg. Az asztrofizikában rendkívül érzékeny vákuumos termoelemeket alkalmaznak, amelyek nagyteljesítményű reflektorral összekapcsolva, fel tudnák fogni a 300 km-es távolságban égő gyertya melegét. Ilyen berendezések segítségével mérték meg a legfényesebb csillagoknak Földünkre érkező hőjét. Pl. a Betelgeuze percnként és négyzetcentiméterenként $7,7 \cdot 10^{-11}$ kiskalória hőt küld a Földre. Ennek alapján, és ha ismerjük a szögátmérőt, kiszámíthatjuk a csillag hőmérsékletét. A spektrum bármely helyén mutakozó energiát vagy az összenergiát kisugárzásmérővel vagy bolométerrel is megmérhetjük. Minden ilyen műszert a teleszkóp fókuszában helyeznek el, ahol az égitest képe megjelenik és itt mentesül az idegen behatásoktól. Ezek a műszerek, szigorúan

véve, nem a teljes energiát mérik, hanem annak csupán egy részét, amely keresztülhatol az atmoszférán, a műszer optikáján stb. Ismerve a közbeeső közeg optikai sajátosságait, a mérhető energiáról következtetni lehet a teljes energiára.

III. Asztrospektroszkópia

Az asztrospektroszkópia az asztrofizika leginkább produktív módszere, különösen annak következtében, hogy a színeképlelmélet jelentős eredményeket ért el az atom- és a molekulaszervezet elméletének fejlődésével kapcsolatban. Színeképek előállítására *spektrográfok* szolgálnak. A spektrográf lehet réses és résnélküli. A réses spektrográfok a fizikában alkalmazott ilyen műszerekhez hasonló szerkezetűek. Egyidejűleg csak egyetlen égitest spektrumának előállítását teszik lehetővé. Az illető égitestnek a teleszkóp által előállított képe a spektrográf *Kollimátor csövének* részébe jut. A fény szétbontására rendszerint üveg- és kvarcprizmákat használnak. *Diffrakciós rácsokat* tekintettel az általuk okozott fényvesztésre, csupán a Nap és a legfényesebb csillagok színeképelemzésénél alkalmaznak. A prizmás kamra (a résnélküli spektrográf legfontosabb fajtája) mérőkamrából, vagyis olyan fényerős teleszkópból áll, amelynek tárgylencséje előtt a lencse egész nyílását elfedő prizma van elhelyezve. Az alkalmazott prizmák legnagyobbjai körülbelül 50 centiméteres átmérőben fedik el a tárgylencsét. Az ilyen résnélküli spektrográfok használata azért lehetséges, mert a csillagok, amelyek gyakorlatilag végtelenben vannak, nem teszik szükségessé a prizmára párhuzamos fénysugarakat küldő réses kollimátor alkalmazását, ui. ezek a sugarak már különben is párhuzamosak.

Ilyenformán prizmás kamra segítségével egy és ugyanazon fényképlemezen egyidejűleg a csillagok egész sorának színeképét megkaphatjuk, mivel a prizma minden egyes csillag képét az illető csillag színeképévé változtatja át. E mellett azonban bizonyos nehézségekkel jár, hogy az égitestek színeképét — a pontos hullámhosszak megállapítása céljából — és a földi fényforrások összehasonlító színeképét ugyanazon a fényképlemezen előállíthassuk. Ez több, bár elvileg leküzdhető korlátozást okoz az ilyen felvételek felhasználásában. Viszont elesik a réses spektrográfnál elkerülhetetlen fényvesztés nagy része, sikerül a gyengébb fényű égitestek színeképének tanulmányozása és könnyebbé válik a különböző csillagok spektrumának összehasonlítása. Azoknak az égitesteknek a vizsgálatára, amelyek szögátmérője számbavehető és folytonos színeképet adnak sötét (abszorpciós) vonalakkal, vagy azok nélkül, a prizmás kamra nem alkalmas. De ha az égitestek színeképe egyes fényes vonalakból álló

emissziós színek, akkor a prizmás kamra ezeknek az égitesteknek különálló monokromatikus (azaz külön-külön színű) képét adja. Az ilyen felvételekről bizonyos következtetéseket lehet levonni arra vonatkozóan, hogyan oszlanak meg a különböző kisugárzások az üstökösnél, vagy meteornál, a ködfoltnál vagy teljes fogyatkozás alkalmával a napatmoszféra különböző részein, tehát, hogy ezeken a helyeken milyen az anyag kémiai összetétele és fizikai állapota.

Hogy a színekvonalak milyen kémiai elemeknek felelnek meg, a vonalak hullámhossza és viszonylagos intenzitása alapján állapítható meg, és a laboratóriumi adatokkal való egybevetésen kívül a már korábban tanulmányozott égitestek színekével történő összehasonlítás, valamint elméleti megfontolás útján támasztható alá. Az összes színekvonalaknak ugyanazon fényforrás vonalaihoz képest észlelt kisfokú eltolódása — a Doppler-elv alapján — megadja, hogy az illető égitest mekkora sebességgel közeledik felénk vagy távolodik tőlünk; vagyis megadja az égitest úgynevezett *radiális sebességét*.

Ezt (a látósugár irányába eső) sebességet rendszerint néhány km/sec-ig terjedő pontossággal határozzák meg, egyes esetekben azonban ennél jóval pontosabban is. Az asztrofizikában rendkívül fontos Doppler-elv laboratóriumi ellenőrzését először még az 1899—1901-es években. A. A. Belopolszkij és B. B. Golicin orosz tudós végezte el.

Az égitestek színekének tanulmányozása nemcsak abban a színek-tartományban nagy jelentőségű, amely a szokásos fényképlemez számára üvegprizmák és tárgylencsék alkalmazása mellett hozzáférhető. Nagyjelentőségű a spektrum infravörös (vörösön inneni) és ultraviola (ibolyántúli) tartományainak tanulmányozása is, mint-hogy bizonyos atomok és molekulák vonalai a színeknek csupán ezekben a részeiben jelentkeznek. A Föld légkörében levő ózon gyakorlatilag elnyeli az összes olyan sugarakat, amelyeknek hullámhossza 2900 Ångströmnél rövidebb és így az égitestek spektrumának e rövidhulláma a Föld felszínén nem figyelhető meg. Csak 1947-ben sikerült 2100 Ångströmig lefényképezni a Nap spektrumát olyan módon, hogy rakétakon önműködő spektrográfokat bocsátottak fel több mint 55 km-es magasságba (az ózonréteg zöménél magasabbra). A spektrum bizonyos tartományainak infravörös sugarait a vízpára nyeli el.

Emissziós színeképet, vagyis olyan színeképet, amely sötét alapon fényes vonalakból áll, csupán üstökösök, meteorok és nyomaik, valamint egyes ködök és a Nap (fogyatkozásokról látható) kromoszféra adnak. A Nap és minden csillag színeképe abszorpciós színeképet, mely a folytonos spektrum hátterén sötét vonalakból áll. Csupán egyes csillagoknál láthatók a folytonos színeképben fényes vona-

lak is. A csillagok atmoszférájának azokat a rétegeit, amelyek folytonos színeképet adnak, fotoszférának nevezik. A fotoszféra külső rétegében (egyezményesen elfogadott elnevezés szerint — a megfordító rétegben) keletkeznek az abszorpciós vonalak, főleg annak következtében, hogy itt az alulról jövő fény szétszóródik. Az emissziós vonalak pedig a csillagok atmoszférájában lejátszódó különleges folyamatok következtében jönnek létre.

Amint a színeképekben a fényes emissziós vonalak intenzitása különböző, ehhez hasonlóan a sötét abszorpciós vonalak is különbözők szélességükkel és az úgynevezett mélységükkel meghatározott intenzitásúak. A színeképelmélet szerint a fényes és sötét vonalak intenzitása a szerint növekszik, hogy mennyi emissziós vagy abszorpciós atom van a látósugár irányában elhelyezkedő adott keresztmetszetű gázoszlopban. Ennek alapján — és ha ismerjük a kémiai elemek különböző atomjainak fényelnyelő és sugárzókéességét — elvégezhetjük a ködök és a csillagatmoszférák mennyiségi vegyelemzését. Ezzel szemben a fotoszféra felszíne alatt levő gázok kémiai összetételét és fizikai állapotát a színekép megfigyelésből nem lehet megállapítani. Az ilyen gázok összetételét és állapotát elméleti számítások útján határozzák meg. A csillag színeképeket osztályozták. A legforróbb csillagok színeképét O és B betűvel jelölték meg, ezután következnek a kevésbé forró csillagok A, F és G betűvel jelölt színeképei. A leghidegebb csillagok spektrumait K, M osztályba sorolták be. Olyan sok a csillag, hogy folyamatos átmenet figyelhető meg az egyik színeképosztályból a másikba, ezért bevezették a tizedes intervallumokat is. Például az A osztályú legtipikusabb csillag képét A0-val jelölték meg, az A és F osztály közé eső átmeneti jellemzőkkel bíró csillag színeképét — A5 jelzéssel. Ismeretek különleges színeképet adó csillagok, amelyek számára külön jelzésrendszert dolgoztak ki.

A csillag folytonos színeképében az energia eloszlása és ezzel együtt fénye is hőmérsékletétől függ. A csillagok többségénél a színekép bizonyos (néha eléggé széles) tartományjaiban az energia viszonylagos eloszlása közel áll az úgynevezett abszolút fekete test színeképében tapasztalható energia eloszláshoz, melyet a Planck-féle képlet ad meg. Az égitestek színeképében mutatkozó energiamegoszlás teljes adatai helyett gyakran felhasználják az illető égitestek által, a színekép két különböző részén kisugárzott energiamentiségek viszonyát. Ez úgy állapítható meg, hogy a színeképnek ezeken a részein egyszerűen megméri az égitestek nagyságrendjét (például — vizuálisan és fotografikusan, amiről előbb már szó volt). Kiderült, hogy a Tejút síkjának közelében a csillagok annál vörösebbeknek és hidegebbeknek látszanak (a színeképük látható energiaeloszlásából

ítélve), minél távolabb vannak tőlünk, míg ugyanakkor más módszerek útján megállapított valóságos hőmérsékletük egyforma. E jelenség tanulmányozásának eredményeképpen bebizonyosodott, hogy a csillagok közötti térben finom kozmikus por lebeg, amely a hullámhosszal fordítottan arányos mennyiségben elnyeli a csillagok fényét. Annak ellenére, hogy ezt a jelenséget több csillagnál figyelembe vették, mégis az energiának a színekben való eloszlásában a Planck-féle képlettől különböző eltéréseket fedeztek fel, amit a csillagatmoszférák szerkezetének elmélete azzal magyaráz, hogy egyes esetekben ezek az atmoszférák különösen kiterjedtek, vagy bennük főleg hidrogén nyeli el a fényt. A csillagok folytonos spektrumának vagy színeképének vizsgálata lehetővé teszi hőmérsékletük meghatározását, feltéve, hogy az illető csillagok úgy sugároznak, mint az abszolút fekete testek. Az ilyen módon meghatározott hőmérsékletet a megállapodás szerint effektív (tényleges) hőmérsékletnek nevezik.

A színeképek kutatása és az atomok ionizációjának vizsgálata azt mutatja, hogy a különböző atomoktól származó színeképvonalak intenzitásának viszonya, sőt még az egy és ugyanazon atomtól való különböző vonalak intenzitásának viszonya is mindenekelőtt a hőmérséklettől és azután a gáznyomástól függ. Ilyenformán a vonalak viszonylagos (már az intersztelláris fényelnyeléstől független) intenzitása alapján meg lehet állapítani a csillagatmoszférákban uralkodó hőmérsékletet és nyomást, valamint a csillagok tőlünk való távolságát. Az utóbbi (az úgynevezett spektrális *abszolút nagyságrend*) meghatározása azon alapul, hogy egyes vonalpárok intenzitása közel azonos hőmérséklet mellett erősen reagál a gáznyomás változására. Közben a különböző abszolút nagyságrendű (azaz *fényességű*) vagy a Naphoz viszonyítva, valóságos fényerejű csillagok atmoszférájában a gáznyomás különböző: nagy a kislefényességű nem nagy csillagoknál és kicsi a nagy abszolút fényességgel bíró óriás csillagoknál. Az ilyen vonalpárok viszonylagos intenzitásának a már ismert abszolút nagyságrendű és azonos hőmérsékletű csillagok színeképe alapján történő kalibrálása lehetővé teszi, hogy az ugyanebbe a típusba tartozó más csillagok abszolút nagyságrendjét színeképük alapján megállapítsuk. Az így megkapott abszolút nagyságrendnek a látszó nagyságrenddel való összehasonlítása megadja a csillag távolságát. Ezzel a módszerrel 1919 óta napjainkig körülbelül húsz százalékos pontossággal 30 ezer csillag abszolút nagyságrendjét, tehát távolságát is meg tudták határozni. Ezzel szemben a klasszikus (geometriai) fő távolságmeghatározási módszer 1950-ig csupán 5 ezer csillag távolságát adta meg. A klasszikus módszer pontossága csökken a csillag távolságának növekedésével. A háromszáz fényévnél nagyobb távolságot ezzel a módszerrel csaknem lehetetlen megállapítani, míg ugyan-

akkor a spektrális módszer egyedül azt követeli meg, hogy le lehessen fényképezni a csillag színeképét, bármilyen messze is legyen tőlünk az illető csillag. Ahhoz azonban, hogy a csillagok spektrális abszolút nagyságrendjét kalibrálás útján meghatározhassuk, nagyszámú csillag geometriai parallaxisának előzetes ismerete szükséges.

Az abszorpciós vonalakon belül, amint azt a mérések tanúsítják, az energia a vonal keresztmetszetének különböző pontjaiban különböző értéket mutat. A legnagyobb elnyelődés rendszerint a vonal közepének — legsötétebb helyének — felel meg. Ilyenformán a színekép minden vonalának megvan a maga kontúrja, görbéje, mely a vonalon belül az energia megoszlását mutatja. A fizikai elméletek és az asztronómiai megfontolások rámutatnak arra, hogy különböző okok különböző befolyást gyakorolnak a vonal kontúrájára. Gondosan tanulmányozva a vonalak kontúráját, meg lehet határozni azokat a viszonyokat, amelyek a csillag atmoszférájában fennállnak, ahol ezek a vonalak keletkeznek. Így például, a vonalak kiszélesedésének egyik típusát a csillag tengely körüli forgása váltja ki, amelynek sebességét, amint azt G. A. Sajn akadémikus kimutatta, meg lehet határozni. A kiszélesedés egy másik típusát az okozza, hogy mikroszkópikus atomeleketromos mezők vannak az atmoszférában levő ionizált atomokban. A vonalak több komponensre való széthasadását, melyet a komponensekben a fény polarizációja kísér, mágneses mező jelenléte idézi elő. A mágneses mező feszültsége és jellege a szétbomlás nagyságából állapítható meg. A színeképelemzésnek és különösen a vonalkontúrok elemzésének alkalmazási területe gyors ütemben szélesedik a színeképek fizikai elméletének és a csillagatmoszférák elméletének fejlődésével kapcsolatban.

A Nap tanulmányozásához a fentebb leírt műszereken és módszereken kívül még más különleges eszközöket is használnak. Ezek az eszközök módot nyújtanak többek között annak vizsgálatára, hogyan oszlanak meg a különböző kémiai elemek a Nap atmoszférájában a felszín fölött különböző magasságban. Az utóbbi időkben egyes, nem nagy hőmérsékletű óriáscsillagoknál szintén sikerült ilyesfélét elérni. Megvalósíthatónak bizonyult ez a vizsgálódás a szorosan közelálló kettős csillagoknál is olyankor, amikor a kis forró csillag, a közös súlyközpont körül végzett keringő mozgásuk során lassan a nagy csillag mögé rejtőzködve, sorozatosan átvilágít a nagy csillagot körülvevő óriási kiterjedésű atmoszféra különböző rétegein. Ez lehetővé tette, hogy behatóan tanulmányozzák a Fuvaros dzétája és a VV Cephei vörösfényű hidegcsillagok atmoszférájának szerkezetét.

Színeképelemzés segítségével kettős csillagrendszerek felfedezhetők és tanulmányozhatók még akkor is, ha e csillagrendszerek

tagjai annyira közel vannak egymáshoz, hogy még a legerősebb teleszkópban is egy csillagnak látszanak. Ezek az úgynevezett spektrális (színképi) kettős csillagok. Fölfedezésük előfeltétele, hogy a komponensek (tagok) kölcsönös mozgásánál a keringési sík úgy helyezkedjen el, hogy a sebesség vetülete a látósugárra változzon. E változás periódusa egyenlő a csillagok keringési periódusával. Ha a két csillag színképe egyforma, akkor az alatt, míg sebességük iránya merőleges a látósugárra, a két színkép és a bennük levő vonalak egybeolvadnak. Máskor a két csillag radiális sebessége egymáshoz képest ellentétes irányú, és ezért színképvonalaik, a Doppler-elvnek megfelelően, kissé az ellentétes oldalak felé tolódnak el, azaz a színképvonalak, amelyek előbb egymásba olvadtak, most szétváltnak. Ennek a kettőződésnek nagysága periódikusan változik és akkor éri el a maximumot, amikor a csillagok úgy mozognak, hogy viszonylagos keringési sebességük vetülete a látósugáron maximális. A vonalak eltolódásának ahhoz a helyzethez viszonyított nagysága, amikor egymásba voltak olvadva, meghatározza a mozgás sebességét.

A csillagpár kisebb komponensének természetesen nagyobb lineáris keringési sebessége van és vonalainak helyzete erősebben ingadozik a színképben. Az összefolyt vonalak eltolódása ugyanazon elemnek laboratóriumi színképében elfoglalt helyzetükhöz képest a kettős csillag súlyközpontját érintő eltolódó mozgássebességére utal.

Ha a komponensek színképe különböző, akkor a csillag kettőssége könnyebben megállapítható. A színképek különbözősége a hőmérséklet különbségének következménye. Ilyen esetekben a csillagok közül az egyik jóval halványabb a másiknál, és színképe a főcsillag színképének hátterén gyakran nem is látható. Ilyenkor csupán a fényesebb csillag színképvonalainak periodikus ingadozása észlelhető közepes helyzetük körül. A kettős csillag komponenseit jellemző radiális sebesség elemzése lehetővé teszi keringési periódusuknak és a keringési pálya alakjának megállapítását, továbbá a keringési pálya és a látósugár hajlásszögének bizonyos függvénye alapján következtetni lehet a keringési pálya nagy féltengelyére és a csillagok tömegére is. Ez a szög azonban ismeretlen marad. Mégis a spektrális kettős csillagot alkotó tagok tömegének ilyen módon megállapított legkisebb értéke nagyon fontos, mivel képet ad a csillagok tömegéről. Éppen a spektrális módszerek adták hírül, hogy vannak olyan csillagok, amelyek tömege több tucatszor nagyobb a Nap tömegénél. Egyes csillagrendszerekben a csillagok keringési pályájának síkja majdnem egybeesik a látósugárral, és akkor az egyik csillag elfedve előlünk a másikat, időszakosan a másik csillag fogyatkozását okozza, aminek következtében a rendszer össz-

fényessége gyengül. Az ilyen csillagokat *fedési kettős csillagoknak* vagy *fedési változócsillagoknak* nevezik. Tipikus képviselői a Lyra bétája és az Algol. Ezek a csillagok ugyanakkor spektrális kettős csillagok is, és alkotó tagjaik radiális sebességének ingadozásai szoros összefüggésben vannak a rendszer látszó fényességének ingadozásaival.

A fedési változó csillagoknál már meg lehet állapítani a keringési pálya és a látósugár hajlásszögét, tehát a keringési pálya viszonylagos lineáris méreteit, valamint a csillagok mindegyikének jellemzőit. Ha ismerjük ezenkívül a rendszer spektroszkópai adatait, meg lehet határozni még a pálya valódi méreteit, tömegüket, felületi fényességüket, hőmérsékletüket és abszolút nagyságrendjüket is. Éppen a fedési változócsillagok között található a legbehatóbban tanulmányozott csillagok. A spektrális kettős csillagok keringési periódusa a leggyakrabban igen rövid, és napokban fejezhető ki, míg a vizuális kettős csillagoknál a keringési periódus rendszerint évtizedeket, évszázadokat, sőt évezredekig is kitesz.

Az egymáshoz nagyon közelálló szoros párokban a csillagoknak olyan erős dagályt kell kiváltaniuk egymáson, hogy a csillagok formája gömbből, minden valószínűség szerint, elipszoid-alakú lesz. Azonkívül ugyanezen ok folytán a csillagok atmoszférájából izzó gáz ömlik ki. A kiömlő gáz besugározza, vagy közös ritka atmoszférába burkolja mindkét csillagot és mozgási pályájukat. Erre mutat az a körülmény, hogy ezeknek a csillagoknak a színekében gyenge emissziós vonalak vannak jelen. A fedési kettős rendszerek szerkezetének részleteit behatóan felderítette *D. J. Martinov*, *V. P. Cesszevics* és *V. A. Krat*.

A cepheidáknak és a miráknak nevezett más változófényű csillagtípusok radiális sebességükben szintén periódikus ingadozásokat mutatnak. Kiderült, hogy a cepheidák radiális sebességének ingadozása fényük ingadozásával kapcsolatos. Ezt a jelenséget először *A. A. Belopolszkij* észlelte. Az ingadozásoknak periódusaik vannak, melyek a különböző csillagoknál néhány tucat perctől, néhány tucat napig terjedő határok között mozognak. A Mira Ceti típusú csillagoknál ezek a periódusok rendszerint több száz naposak. Ezért ezeket a csillagokat hosszú periódusú változócsillagoknak is nevezik. Mégis mindezen csillagok vizsgálata kimutatta, nem spektrális kettős csillagok, mert fényerősségük és radiális sebességük ingadozásait külső rétegeik pulzálása — lüktetése — okozza: felületük periódikusan kitágul és összehúzódik, s közben hőmérsékletük jelentős változásokon esik át.

A színekpelemzés lehetővé tette, az időről időre fellángoló nova csillagok természetének feltárását is, amelyeknél több éves, néha

feltehetően több ezeréves időközökben a külső rétegek hirtelen fel-fúvódnak, ami a kisugárzás heves és olykor óriási (több tízezres) felfokozódására vezet. A csillagok vonzóereje gyakran nem képes megakadályozni a gázok felületi kilövelését, mert ez több ezer kilométer/sec-os sebességgel megy végbe, és ezért a kilökődött gázok szétszóródnak a térben. Ezeknek a jelenségeknek a mérete igen különböző: kicsi az emissziós vonalakat kibocsátó forró csillagoknál, a Hattyú P és az Ikrek U típusú novaszzerű változócsillagoknál, és igen nagy az úgynevezett nováknál, amelyek ilyen fellobbanásnál bizonyos időre több tízezerszeresen fényesebbé válnak, mint a Nap. A fellobbanást követően ezek a csillagok fokozatosan visszatérnek normális, de nyilvánvalóan instabilis állapotukba. Egyes „állhatatlan” csillagoknál a gázok kilökődése ugyanilyen nagy sebességgel szünet nélkül folyik (Wolf, Rajet típusú csillagok), s az egy év alatt így kilökődő gáztömeg kb. egyenlő a Föld tömegével, esetleg még ennél is nagyobb. Az ilyen csillagok mind a fehér és a legforróbb csillagok közé tartoznak. Hőmérsékletük 20 ezer és 100 ezer fok között mozog, míg ugyanakkor a Nap és a hozzá hasonló sárga csillagok hőmérséklete 6 ezer, a vörösszínű hideg csillagoké 3 ezer fok vagy még ennél is kevesebb. A 20. század 30-as éveinek elején felfedezett úgynevezett infravörös (vörösöninni) csillagok hőmérséklete valószínűleg 1000 fokon alul van, jóllehet ezek is, hasonlóan más csillagokhoz, gázból állnak, még hozzá igen ritka gázból, és nem olyan testek, amelyek lehűlésük következtében szilárd halmazállapotba jutottak.

A csillagok hőmérsékletének és fényességének (a Napéval összehasonlított fényerejének) ismerete alapján kiszámíthatjuk az illető csillag átmérőjét, mivel a fényesség a csillagok felületi hőmérsékletének és méretének függvénye. A legnagyobbak a vörösszínű csillagok, amelyeket — megállapodás szerint — vörös szuperóriásoknak neveztek el (átmérőjük körülbelül kétszeresen is felülmúlja a Nap átmérőjét). A vörösszínű szuperóriások és a fehér forró óriáscsillagok fényessége több százézerszer nagyobb a Nap fényességénél. A csökkenő méretek sorrendjében a vörös óriások után következnek a sárga óriáscsillagok, a fehér óriások, a Nap típusú sárga törpe csillagok és vörös törpék (utóbbiak többszörösen kisebbek a Napnál és fényük több tízezerszer gyengébb a Nap fényénél). A csillagok tömege, a vörös szuperóriásoktól a vörösszínű törpecsillagok felé haladva, a Nap tömegének százszorosától tizedrészéig csökken, vagyis szűkebb határok között mozog, mint a fényességük. Ezért a csillagok átlagos sűrűsége ugyanebben az irányban (a vörös szuperóriásoktól a vörösszínű törpe csillagok felé) hozzávetőleg 10^{-7} g/cm³-től a 10 g/cm³-ig változik (a Nap sűrűsége 1.4 g/cm³).

A csillagok kiszámított átmérőjének, tehát sűrűségüknek helyességét is, a fedési változócsillagok tanulmányozása és egyes csillagok szögátmérőjének *interferométer* segítségével történt megmérése támasztja alá. Az utóbbi mérési eljárás csupán a Naphoz legközelebbi vörös óriáscsillagokra alkalmazható.

A többi csillaggal szemben külön csoportot képviselnek az úgynevezett *fehér törpék* — a kisleányosságú forró csillagok (például a Sziriusz kísérője). Átmérőjük alig néhány tized- vagy századrésze a Nap átmérőjének, sűrűségük viszont nagy és többször tíz vagy száz kg/cm^3 -rel mérhető. A fehér törpék nagy sűrűségének az a magyarázata, hogy a gáz — amelyből állanak — különleges, úgynevezett elfajult állapotban van. Rendkívül nagy nyomás mellett az atomok elektronhéja letépődik (az elektronok teljesen elszakadnak az atommagtól), aminek következtében azonos térfogatban jóval több atommag helyeződhet el, mint ép atomban, alacsonyabb nyomás mellett.

A csillagnépeség, amint arra *Hertzsprung* és *Russel* a szint (vagy hőmérsékletet) és az abszolút fényességet szembeállító diagramjuk alapján rámutatnak, két folyamatos sorozatban helyezkedik el. Az egyik sorozatban, az úgynevezett főágban, különböző színű (kék, fehér, sárga, narancssárga és vörös) csillagok foglalnak helyet. Ezek abszolút fényessége annál kisebb, minél vörösebbek és hidegebbek. A másik ágba olyan csillagok találhatók, melyeknek abszolút fényessége kb. egyenlő (igen nagy), de színük és hőmérsékletük különböző.

A Szovjetunióban ezt a diagrammot lényegesen kiegészítették. *P. P. Parenago* felfedezte, hogy a különböző abszolút fényességű csillagok fő sorozatával párhuzamosan a kisebb fényerő sávjában még egy újabb ág is létezik (az úgynevezett *szubtörpék* ága). *B. A. Vroncov-Veljaminov* felfedezte, hogy igen különböző abszolút fényességű forró és magas hőmérsékletű instabilis (fehér és kék) csillagok töltik ki a közönséges forró csillagok és a fehértörpék közötti térséget. Ez utóbbiak addig a diagrammon elszigetelt helyzetet foglaltak el és különállóknak látszottak a többi csillagoktól. Mindezeket a tényeket figyelembe kell venni a csillagok és a Nap keletkezését és fejlődését megvilágító elmélet kidolgozásánál.

A színképelemzés bármely más megfigyelési módnál jobban lehetővé teszi a világtérben lebegő óriási kiterjedésű ritka gáztömegek (gáznemű ködök) megkülönböztetését a távoli csillagrendszerektől, ami egyedül a külső forma alapján nagyon nehéz. Megállapították (pl. az Orion csillagképben), hogy a gáznemű ködök sűrűsége 10^{-20} g/cm^3 nagyságrendű és, hogy a még ritkább gázokból álló *intersztelláris* közeg sűrűsége 10^{-24} g/cm^3 . A gáznemű ködök vagy azért fény-

lenek, mert a közelükben levő csillagok rájuk eső fényét visszaszórják, vagy pedig annak folytán, hogy az igen forró csillagok ibolyántúli sugarakkal sugározzák be őket (ez a folyamat egyezik fluoreszcencia jelenségével).

Az asztrofizika egyik legnagyobb, az anyag természetéről való általános elképzeléseink fejlődése szempontjából, elvi jelentőségű vívmánya az a megállapítás, hogy a különböző égitestekben, és a közöttük levő térben az anyag kémiai összetétele csaknem teljesen egyforma. A héliumot, amelyet színeképelemzés útján 1868-ban a Nap-ban és ezt követően a csillagokban felfedeztek, 1895-ben a Földön is megtalálták. A gáznemű ködfoltok nebuliumáról (a latin „nebula” = „köd” szó után) ugyancsak kiderült, hogy a Földön is ismert gázokból — oxigénből és nitrogénből — áll, melyek atomjainak többsége rendkívül erősen ionizált állapotban van. 1941-ben sikerült bebizonyítani, hogy a napkorona színeképében megfigyelt koronium szintén különleges elfajult állapotban levő vas- és nikkellatomokból áll. Az égitestek színeképének többi vonala csaknem minden további nélkül azonosítható volt a Mengyelejev-féle táblázat Földön ismert elemeivel. A meteoritok, vagyis a világtérből a Földre hulló égitestek, közvetlen elemzése szintén nem mutatott ki eddig ismeretlen elemeket, habár rajtuk olyan ásványokat találtak, amelyek csupán a meteoritokra jellemző. A színeképelemlet lehetővé tette, hogy a színeképvonalak intenzitásából megállapítsák a Nap és a csillagok atmoszférájának kvantitatív kémiai összetételét, és ez nagyon közelállónak bizonyult a Földkéreg átlagos összetételéhez, azzal az eltéréssel, hogy a Napon és a csillagokban összehasonlíthatatlanul több a hidrogén és a hélium.

A csillagok és a Nap belsejének kémiai összetételét színeképelemzés útján nem lehet közvetlenül megállapítani, minthogy színeképvonalak csupán a csillagok burkáról adnak felvilágosítást, de az elméleti számítások arra a következtetésre vezettek, hogy a Nap és a csillagok főleg hidrogénből állnak. A hidrogéntartalom a különböző csillagokban különböző lehet és az általában az egész térfogat 35—90%-ára tehető. Vegyületek — csaknem kizárólag két atomból álló molekulák — találhatóak az üstökösök gázburkában és csóvájában, valamint a leghidegebb csillagokban. Túlnyomóak a CO, CN, CH, C₂, NH, OH, molekulák és a csillagokban még a TiO, ZrO fémoxidok is. Az elmélet azt mutatja, hogy forró gázokban ezek a molekulák nem létezhetnek és ha ilyenek kerülnek beléjük, akkor felbomlanak. Bebizonyosodott, hogy a csillagok színeképének különbözősége nem kémiai összetételükön múlik; ez valamennyi csillagnál majdnem egyforma, hanem a csillagok hőmérsékletének és a bennük uralkodó nyomás különbözőségén, mert a hőmérséklet és

a nyomás megváltoztatja minden atom színeképeinek jellegét. Alacsony hőmérsékleten az atomok molekulákká egyesülnek. Az utóbbi idők folyamán azonban az elemek viszonylagos gyakoriságában másodrangú eltéréseket is észlelnek, amelyek a legszembetűnőbbek a legforróbb és a leghidegebb csillagok között. Az előbbieknél túlnyomó az oxigén és a szén mennyisége a nitrogén rovására és megfordítva. Az utóbbiak színeképeiben vagy a TiO , vagy a CO és CN , vagy pedig a ZrO molekuláris vegyületek sávja dominál. Érdekes a különböző csillagoknál a szénizotóp-tartalomban mutatkozó különbség, amit 1939-ben G. A. Sajin szovjet csillagász fedezett fel. A szénizotópok viszonylagos előfordulása több csillagnál és Földünkönél is eltérőnek bizonyult. Ennek a felfedezésnek nagy kozmogóniai jelentősége van, mivel arra mutat, hogy a csillagok kialakulásakor a kezdeti feltételek eltérőek és a további fejlődés is különböző feltételek mellett megy végbe.

A Nap és a csillagok sugárzása, mely sugárzásukat tíz-, sőt ezer-milliárd évekig fenntartja, ezeknek az égitesteknek a méhében keletkezik. A (Nap típusú) csillagok többségénél nyilvánvalóan magreakció az energia forrása. Ez idő szerint az a feltevés, hogy a hidrogén magreakció folytán héliummá alakul át. Az átalakulás minden valószínűség szerint a csillagok mélyében játszódik le, ahol a számítások szerint a magreakcióhoz szükséges igen magas, 20 millió fok nagyságrendű hőmérséklet uralkodik.

Ez a hipotézis az atomelmélet eredményein alapszik és már mennyiségileg is kidolgozott. A hidrogéntartalom kimerülésével, ill. a hidrogénnek héliummá történt átalakulásával — hacsak nem indul meg más típusú magreakció, vagy pedig nem kezd összehúzódni a csillag — a kisugárzásnak egyszer vége kell szakadnia. Az a kérdés, hogyan megy végbe a csillagok fejlődése, mindeddig még nincsen véglegesen megoldva. A szovjet asztrofizikusok kutatásai azonban kétségtelenül alapul szolgálnak annak alátámasztására, hogy a különböző típusú csillagok fejlődésük különböző fokán vannak és hogy ez a fejlődés a csillagok eltérő karakterisztikáinak megfelelő szigorú következetességgel folyik.

IV. A világmindenség szerkezetének tanulmányozása

A fizikai változócsillagok (a Cepheidák és a Mira Ceti típusú csillagok) — csillagóriások, melyeknek átlagos abszolút nagyságrendje meghatározott módon összefügg a fényváltozás periódusával. Egyes más típusú csillagok abszolút nagyságrendjének szintén meghatározott értéke van. Ezért ezeket a csillagokat felhasználhatjuk távoli csillagrendszerek távolságának meghatározására, ha azoknak

maguk is tagjai. Ebből a célból látszó nagyságrendjüket abszolút nagyságrendjükkel hasonlítjuk össze.

A színeképelemzés segítségével lehetőség nyílt arra, hogy csillagrendszerek — spirális extragalaktikák — tengelykörüli forgásának bonyolult törvényét tanulmányozzuk. Központi részük — a mag — szilárd testhez hasonlóan forog, a spirális karokban viszont a forgás szögsebessége a középponttól mért távolsággal együtt rohamosan csökken. Ezenkívül felfedezték, hogy ezeknek a rendszereknek színeképében a vonalak a színekép vörös vége felé tolódnak el, és pedig annál nagyobb mértékben, minél távolabb vannak a Naptól a vizsgált galaktikák. Ez a jelenség, az úgynevezett vöröseltolódás, vagy a Doppler-hatással magyarázható, vagy pedig valamilyen más, eddig még nem ismeretes fizikai folyamat eredménye. Úgy találták, hogy a vonalak eltolódásának nagysága a legtávolabbi csillagrendszerek színeképében a legnagyobb. Ez az eltolódás, ha magyarázatát a Doppler-effektusban keressük, megfelel a 40 000 kilométer/sec-ot meghaladó távolodási sebességnek. A vöröseltolódás felfedezését a kapitalista világ egyes reakciós tudósai a világ „tér- és időbeli végeségének” hamis bizonyítékaként használják fel. „Bizonyítékaik” a megfigyelt tények formális matematikai értelmezésén alapulnak, amely aztán ahhoz az elgondoláshoz vezet, hogy a világmindenséget körülbelül 2 milliárd évvel ezelőtt „teremtették”. A dialektikus materializmus álláspontját képviselő tudósok számára nyilvánvaló, hogy az égitesteknek megvan a maguk külön története. Egykor belső és külső erők hatására keletkeztek és különböző feltételek között fejlődtek tovább. Idővel ezek a testek mint olyanok megszűnnek létezni, átalakulnak más testekké, vagy anyaguk más állapotba megy át. Így például, csillagból lehet kód és megfordítva. Ilyen szempontból a Földnek, a Napnak, az egyes csillagoknak, a kódoknak és összességüknek meghatározott koruk van. Ha a különböző égitestek életkorát szembeállítjuk az egész világmindenség „életkorával”, amelyet a reakciós tudósok a vörös felé való eltolódás nagyságából számítottak ki, arra a következtetésre kell jutnunk, hogy sok asztronómiai objektum jóval idősebb, mint a világmindenség a maga egészében. Vagyis a világmindenségnek az az „életkora”, amelyet az idealista csillagászok formalisztikus matematikai megfontolások alapján kiagtaltak, merő képtelenség.

A modern teleszkópokkal megfigyelhető legtávolabbi csillagrendszerek tőlünk kétmilliárd fényévre vannak, vagyis távolabb, mint a világmindenségnek az idealizmus egyes védelmezői által megjövendőlt „határa”. A világmindenség általunk ismert részében a csillagrendszerek egymástól való kölcsönös eltávolodása, amennyiben ez egyáltalán fennáll, távolról sem jelenti az egész világminden-

ség „kitágulását” vagy éppen „szétrepülését”, amint ezt az idealisták feltételezik. Ezt a távolodást helyi és átmeneti (de törvényszerű és nem rendkívüli) jelenségnek kell tekinteni a végtelen világmindenség örök történetében.

A galaktikáknak nevezett csillagrendszerek hasonlóak a mi galaktikánkhoz, csillagrendszerünkhöz, mely magába foglalja az összes külön látható csillagokat és a Tejutat alkotó valamennyi csillagot. A galaktikák a világmindenség általunk ismert legnagyobb szerkezeti egységei. A csillagos ég különböző tartományaiban tömegesen előforduló galaktikákat *E. Hubble* és *H. Shapley* amerikai csillagászok számlálták össze. A galaktikák egyes helyeken, mint például a Szűz csillagképben, magasabbfokú rendszereket — galaktikahalma-
zokat — képeznek. A legnagyobb teleszkópok segítségével megállapított együttes számuk ma már legalább több száz millió, és mindegyikük legalább néhány milliárd csillagból, azaz napból áll. Azonkívül gáznemű és porszerű ködök is tartoznak állományukba, ugyanúgy, mint a mi galaktikánknál. Ezek a ködök a lapos, koronghoz hasonló galaktikák ekvatoriális síkjában összpontosulnak és a fényképfelvételeken a galaktikák ekvátorának hosszában elnyúló sötét sávok formájában jelentkeznek, minthogy elnyelik a mögöttük elhelyezkedő csillagok fényét. *M. Sz. Ejzenszon* 1936-ban Pulkovóban kimutatta, hogy ilyen fényelnyelődés minden spirális galaktikában van. A galaktikák formája nagyon különböző — a gömb- és az elliptikus formától a spirálisig (mely utóbbiak a pólusoknál a leginkább belapul-
tak és a többieknél mind átmérőjüket, mind tömegüket tekintve nagyobbak) és a szabálytalan alakúig.

A közeli spirális galaktikák legsűrűbb központi részeit és az elliptikus galaktikákat 1944-ben *W. Baade* amerikai csillagásznak sikerült csillagokra „felbontani” és ezzel bebizonyítani, hogy nem ritka diffuzkódók, hanem csillagokból állanak. Vannak galaktikák, melyek szegényebbek csillagokban és kevésbé tömörtek, mint a többiek (Fornax, Sculptor és más csillagképekben), de vannak szabálytalan alakúak is, melyek gazdagok nagyfényességű csillagokban, mint például a Magellán-felhők (Kis és Nagy). 1948-ban szovjet tudósoknak sikerült a vastag, porszerű ködökön keresztülhatoló vörösönnel sugarakban lerögzíteni galaktikánk központi magvának, vagyis fő csillagsűrűsödésének méreteit és helyzetét. A központi mag létezését gyanítani lehetett más galaktikákkal való analógia alapján. A Galaktika középpontja (a Nyilas csillagképben) felé mutató irányt pedig közvetett módszerekkel határozták meg. A Galaktikákban és köztük a miénkben is vannak csillagsűrűsödések, hol szabályos és csillagokban gazdag, tömött gömbhalmazok, hol pedig csillagokban szegényebb szétszórt (nyílt) halmazok — például a Plejádok — for-

májában. A nyílt halmazok a gömbhalmazoktól eltérően a Tejútrendszer síkjában összpontosulnak. Nagyon fényes óriáscsillagok csupán a spirális ködök ágaiban találhatók és nem a központi részeikben.

Az a munka, melyet a Szovjetunióban az utóbbi évek során főleg V. A. Ambarcumján és tanítványai végeztek, bebizonyította, hogy a Tejútrendszerben aránylag fiatal csillagcsoportok, úgynevezett csillagtársulások léteznek, melyeknek tagjai néha mindössze csak néhány millió évesek. Mivel a csillagtársulások életkora jóval kisebb, mint a földkéregnek a geológusok és fizikusok által kiderített életkora (hozzávetőleg néhány milliárd év), nyilvánvaló, hogy Galaktikánk, és így a többi világsgiget is olyan rendszer, melyben folytatódik a csillagképződés folyamata, s amely mindenesetre fejlődik. Az is kiderült, főleg V. A. Ambarcumján munkásságából, hogy a Tejútrendszer síkjában erősen összetömörült és valószínűleg spirális szerkezetű csillagok és diffúz anyagok jóval fiatalabbak a Galaktika magjának és a mag körül többé-kevésbé szférikus rendszert képező gömbhalmazoknak anyagánál. Ilyenformán a szovjet asztronómusok meggyőzték a reakciós nyugati tudósok próbálkozásait, akik azt akarták bebizonyítani, hogy az összes égitesteket, köztük a Földünket is, egyazon időpontban „teremtették”. Együttal megcáfolták a reakciós burzsoá tudósok legújabb koholmányait is, melyek szerint az anyag állandóan „teremtődik” (elemi részecskék vagy a „semmi-ből” létrejövő csillagok formájában).

A Galaktikák formáinak és a Galaktikákban a csillagok tömörülési fokának sokfélesége és szakadatlan egymásutánja csupán abban az esetben érthető meg, ha feltételezzük, hogy azok a körülbelül azonos típusú anyagformációknak a legkülönbözőbb kezdeti feltételek mellett elért különböző fejlődési stádiumai. A Galaktikák szerkezetét és a bennük lejátszódó mozgásokat a vonzóerő számításbavételével tanulmányozó csillagdinamika arra enged következtetni, hogy Galaktikánk már feltehetően vagy 10^{12} éve van ugyanolyan állapotban, mint jelenleg. Ez a Galaktikánk úgynevezett „életkora”. Ámde ez egyáltalán nem jelenti azt, hogy ugyanekkorának kell lennie a tipikus csillagok „életkorának” (világító gázgömbök formájában való létezésük időszakának) is. Mint már előbb említettük, egyes Galaktikák halmazokat képeznek. A megfigyelés számára hozzáférhető Galaktikák összességét Metagalaktikának nevezik.

Az utóbbi évekre jellemző a fizika és az asztrofizika legújabb módszereinek alkalmazása a Galaktika kutatásában. Így, nemrég a méteres hullámhosszok tartományában felfedezték a Galaktika rádiósugárzását. Ez a felfedezés a legmodernebb rádióberendezések alkalmazásának köszönhető. Azonkívül kiderült, hogy a Nap is bocsát ki rádióhullámokat. 1949-ben G. A. Sajn új interferenciás fényszűrő-

ket alkalmazott a csillagos ég nagy területeinek fényképezésénél. A színekép keskeny, hidrogénkisugárzási vonalat tartalmazó részében és egy másik keskeny részben fényképezve, ahová semmi hidrogén-sugárzás nem esett, világító csillagközi hidrogénfelhőket fedezett fel, melyek a szokásos felvételeken egyáltalán nem voltak észlelhetők.

V. A bolygók, mellékbolygók, üstökösök és meteorok tanulmányozása

A bolygók maguk nem világítanak, csupán a Nap fényét verik vissza, és ezért felületük kémiai összetételét nem lehet színeképelemzés útján megállapítani. A bolygók felületének sajátosságairól bizonyos mértékben optikai úton lehet ítéletet alkotni, például úgy, hogy a különböző részleteknél a fény polarizációját tanulmányozzuk. A bolygók atmoszférájának összetétele már tanulmányozható, mert a Nap fénye kétszer átjárja ezeket az atmoszférákat, mielőtt, a bolygó felületéről visszaverődve, hozzánk eljut. Ez a körülmény a bolygók színeképében olyan új abszorpciós vonalak megjelenését okozza, amelyek magának a Napnak a színeképéből hiányoznak. Ha pedig a bolygók atmoszférája ugyanazokat a gázokat tartalmazza, melyek a Nap és a Föld atmoszférájában már előfordulnak, akkor a Nap-színekép megfelelő vonalai az ilyen bolygók színeképében intenzívebbeknek mutatkoznak annak következtében, hogy a bolygók légkörében újabb fényelnyelődés játszódik le. Így állapították meg, hogy a Vénusz légkörében bőven van szénsav, valamint kis mennyiségben előfordul a Marson is, és a két bolygó egyikének atmoszférájában sincs számításba vehető mennyiségű oxigén és vízgőz. Bőséges mennyiségű ammóniák és metán jelenlétét állapították meg a Jupiter, a Szaturnusz, az Uránusz, a Neptunusz és a Titán (a Szaturnusz mellékbolygója) atmoszférájában.

A Nap fényében további elnyelődést okoz a Föld légköre is, amely az úgynevezett *terresztrikus vonalak* megjelenését idézi elő a színeképben. Közülük a főbbek: a széndioxid, ózon, oxigén és vízgőz. A terresztrikus vonalakat könnyű megkülönböztetni az égitestek színeképéhez tartozóktól, mert intenzitásuk fokozódik, amint az égitest a horizonthoz közeledik, minthogy ekkor növekszik a Föld légkörének vastagsága, amelyen a sugaraknak át kell hatolniuk. Azonkívül a terresztrikus vonalak, természetesen, nem szenvednek olyan eltolódást, mint amilyent a Doppler-elv szerint az égitestnek a Földhöz viszonyítva a látósugár irányában végzett mozgása okoz. A terresztrikus vonalak jelenléte lehetővé teszi a földatmoszféra szerkezetének spektroszkópikus tanulmányozását (ilyen eljárással

fedezték fel az ingadozásokat az ózonréteg vastagságában és a Föld felületétől számított magasságában), ami különben már a geofizika területére tartozik. A Hold és a bolygók különböző felületi részeinek összetételéről bizonyos valószínű (de nem pontos) adatokat szolgáltat folytonos színeképükben az energia megoszlásának tanulmányozása. A Hold és a bolygók színeképe, ezeknek a felületrészeknek színezettségé és a különböző hullámhosszúságú napsugarak ebből folyó egyenlőtlen visszaverődése miatt különbözik a Nap színeképétől. Ugyanilyen, de kevésbé pontos, habár könnyen elérhető eredményeket ad a Hold és a bolygók különböző, például, vörös és kék fényszűrőkön keresztül történő fényképezése is. A fényszűrő, kiemelve a színeképből annak egyes sávjait, részben spektrográfokat helyettesítik. Ennek a módszernek az úttörője G. A. *Tyihov* szovjet csillagász, aki már a 20. század elején fényszűrőket alkalmazott az égitestek tanulmányozásánál. Ha a különböző hullámhosszúságú napfény különböző Hold- és bolygórészek általi visszaverésének jellegét összehasonlítjuk a földi anyagokra (például — a hóra, homokra, különböző növényzetekre stb.) vonatkozó ugyanilyen adatokkal, a visszavert fény színeképeinek azonossága lehetővé teszi, hogy képet alkothassunk magunknak a hideg égitestek felületén észlelhető különböző foltok valószínű összetételéről. A Holdon bazaltok és kén, a Marson jég, homok és növényzet valószínű jelenlétét állapították meg. A bolygókon uralkodó természeti viszonyok kutatása különösen a Szovjetunióban bontakozott ki széles arányokban és ad értékes eredményeket. G. A. *Tyihov*, N. N. *Szityinszkaja* és V. V. *Saronov* kitartó munkával számos sajátosságot derített ki a bolygók felületének és atmoszférájának szerkezetét illetően. N. P. *Barabasev* 1922-ben érdekes sajátosságot fedezett fel a Hold-felület okozta fényvisszaverődésben, mely abban áll, hogy a Hold felületének bármely pontjában a legnagyobb fényélesség a fény beesési és visszaverődési szögének egyenlősége pillanatában áll be. Ezt a sajátosságot felfedezője a Hold felületének rendkívül nagyfokú tagoltságával magyarázta. Végül, a bolygófelületek megvilágítottsági viszonyainak pontos fotometrikus kutatása lehetővé teszi, hogy következtetéseket vonjunk le a fénynek a bolygók atmoszférájában való szétszóródásáról. Ilyen úton-módon a Holdon a ritka atmoszféra kétségtelen jeleit észlelték, amit addig semmilyen más módszerrel sem sikerült felfedezni.

Az asztrofizika külön fejezete az *üstökösök* és a *meteorok* tanulmányozása. Az üstökösök és a meteorok tanulmányozása különösen a Szovjetunióban ért el nagy fejlettséget. Sz. V. *Orlov* folytatta F. A. *Bregyihin* klasszikus munkásságát, aki először tanulmányozta a fénynyomást, amelyet a fizikus *Lebegyev* csak jóval később,

1910-ben, igazolt kísérleti úton. Orlov jelenleg az üstökösök modern fizikai elméletét, valamint az üstökösök, kisbolygók és meteorok keletkezésének elméletét dolgozza ki. Szovjet asztrofizikusok értékes kutatómunkát végeztek az üstökösök fizikai elméletének megalapozása terén. *Sz. K. Vszehszvjatszki* összeállította az üstökösök abszolút nagyságrendjének teljes katalógusát és megállapította, hogy a periódikus üstökösök fényereje gyorsan csökken. Különösen alaposak voltak a meteor kutatások. Rengeteg megfigyelést eszközöltek, felállították a meteorok földi légkörben való repülésének elméletét, tanulmányozták a meteorok repülése közben keletkező fizikai folyamatokat. A meteorok tanulmányozása szorosan összefügg egész sor olyan probléma megoldásával, mely az atmoszféra felső rétegeinek szerkezetével kapcsolatban merült fel. Értékes munkát végeztek a meteorok tanulmányozása terén *I. Sz. Asztapovics*, *V. V. Fegyinszkij* és más szovjet tudósok. Érdekesekek *V. G. Feszenkov* kutatásai a bolygók közötti anyagokra vonatkozóan. Kidolgozta az állatövi fény elméletét és sorozatos kutatásokat folytatott az égbolt fénylésének elemzésével kapcsolatban.

Különös érdeklődésre tarthatnak számot a meteoritkutatások, hiszen a meteoritok az egyedüli égitestek, melyek a világtérből légkörünkbe behatolnak és a Földre hullanak.

VI. Elméleti asztrofizika

Az elméleti asztrofizika az elméleti fizika, és különösen a sugárzáselmélet, valamint az atomelmélet fejlődésének eredményeképpen a 20. század elején született meg. Az elméleti asztrofizikának az a feladata, hogy kidolgozza a csillagok és köztük a Nap szerkezetének, sugárzásának és fejlődésének elméletét, továbbá azoknak a folyamatoknak az elméletét, melyek a kozmikus anyag más formáiban — a ködfoltokban, az intersztelláris gázban és az üstökösökben játszódnak le. Természetes, hogy az elméleti asztrofizikának megfigyelések eredményein kell alapulnia, és következtetéseit ugyancsak megfigyelések útján kell ellenőriznie.

Az elméleti asztrofizika fő fejezetei: 1. a csillagatmoszférák elmélete és különösen a legbehatóbban megfigyelhető Nap-atmoszféra szerkezeti részeinek elmélete; 2. a csillagok belső szerkezetének elmélete; 3. a gáznemű ködök és az intersztelláris közeg elmélete.

A csillagatmoszférák elmélete (maguknak az atmoszféráknak a szerkezetével összefüggően) feloszlik: a fotoszféra-, a megfordító réteg-, a kromoszféra- és a Nap esetében még a korona elméletére. Közöttük a legsűrűbb és legforróbb a fotoszféra — azoknak az atmoszférarétegeknek az összessége, amelyekből közvetlenül a térbe

kerül a folytonos színeképet adó sugárzás zöme. Ilyenformán a fotoszféra nem geometrikus felület, hanem bizonyos, időnként igen jelentős vastagságú. Különböző rétegeiben különböző a hőmérséklet. A külső rétegek hidegebbek és ritkábbak, mint a belsők. A fotoszféra látható színeke a különböző rétegekből kiinduló és a magasabban fekvő rétegek által nem egyenlő arányban gyengített színeképek egymásravezüléséből keletkezik. Minél jobban közeledünk a Nap látható széléhez, annál kevésbé mélyre hatolhat be tekintetünk és annál magasabban fekszik itt a fotoszféra átlagos szintje. Ezért a sugárzás is, mely a korong széléről érkezik hozzánk, alacsonyabb hőmérsékletnek felel meg. Ennek következtében a Nap és a csillagok látható korongjuk széle felé kevésbé fényesek, mint a korong középpontjában. A fotoszféra elméletének első feladata e gázrétegek fizikai állapotának és a világtérbe jutó sugárzás sajátosságainak megállapítása, valamint a korong pereme felé bekövetkező elsötétedésnek mennyiségi megmagyarázása.

Az elmélet alapja a csillagatmoszféra sugárzási egyensúlyának kérdése, amely 1906-ban vetődött fel főleg *K. Schwarzschild* német csillagász munkásságának eredményeképpen. Ennek az elgondolásnak megfelelően a csillagatmoszféra minden elemi térfogatrésze az időegység alatt ugyanannyi energiát sugároz ki, mint amennyit elnyel. Ilyen helyzet akkor lehetséges, ha ezekben a rétegekben nincsen energiaforrás és az energia az atmoszféra részei között gyakorlatilag sugárzás útján adódik át, a konvekció (a rétegek keveredése a csillag sugara mentén) és a hővezetés pedig kevés szerepet játszik. Úgy látszik, hogy ezek a feltételek valóban megvannak a csillagok atmoszférájában, a napfoltok területéhez hasonló egyes részek kivételével.

A sugárzási úton történő energiaátvitel egyenleteinek megoldása arra a következtetésre vezetett, hogy az effektív (tényleges) hőmérséklet valamivel (körülbelül 15 százalékkal) magasabb a határoló réteg hőmérsékleténél. A látszó fényességnek a Nap korongján való eloszlásáról szóló törvénye is jó összhangban van azoknak a megfigyeléseknek az adataival, amelyeket akár az összsugárzásról, akár pedig az egyes hullámhosszoktól függő sugárzásról nyertek. A Nap és a csillagok korongja ibolyaszínű sugarakban a perem felé gyorsabban sötétedik, mint vörös sugarakban. A fotoszféra emissziós színeképében az energia eloszlása közelinek bizonyult ahhoz, amit az abszolút fekete testre kiszámítottak, annak ellenére, hogy a különböző mélységekben fekvő rétegek színeképei egymásra helyeződnek. Ezeket a következtetéseket annak a feltevésnek alapján vonták le, hogy a csillagatmoszférák gázai egyformán nyelik el a fényt, akármilyen a hullámhosszuk.

Ennek az elméletnek a megfigyelésekkel való behatóbb összehasonlítása azt mutatja, hogy a Nap sugárzása a valóságban nem egészen olyan, mint az abszolút fekete testé. A fehér csillagok (A0 színképosztály) — a legújabb megfigyelések szerint — még nagyobb eltérést mutattak az abszolút fekete test sugárzásának törvényeitől. A fehér csillagoknak a színkép látható tartományában, eloszlása alapján mutatott meghatározott hőmérséklete (színhőmérséklet) 18 ezer fok volt a 10 ezer fokos effektív hőmérsékletükkel szemben. Ez igen bonyolulttá tette az elméletet, mert figyelembe kellett venni az elnyelési koefficiensnek a fény hullámhosszától függő változását. Ezt a munkát *E. R. Musztyel*, szovjet asztrofizikus végezte el. Ahhoz, hogy mennyiségi következtetéseket lehessen levonni, ismerni kell minden csillagtípusnál, milyen atomok és ezek milyen arányban nyelik el az atmoszférában a fényt. Továbbá ismerni kell az elnyelődés hullámhosszától függő változásának törvényét. Csupán a forró fehér csillagokra, amelyeknél a fényelnyelődést alapjában véve a hidrogén atomjai (általában ezek vannak túlsúlyban a csillagok atmoszférájában) határozzák meg, sikerült olyan elméletet felépíteni, amely jól megmagyarázza az energia színképi eloszlásának megfigyelhető sajátosságait. A többi, hidegebb csillagnál, ahol az abszorpcióban a fő szerepet a hidrogén negatív ionjai, valamint különböző fémek játsszák, a színképben az elnyelési sávok egymáshelyeződése annak tulajdonítható, hogy a kisugárzás jóval közelebb van az abszolút fekete test kisugárzásához.

Igen érdekes volt, hogy a megfigyelések bizonyos csillagosztályokra vonatkozóan, a látható, folytonos színkép különböző részein körülbelül 6 000—20 000 fokos hőmérsékletet mutattak ki, míg ugyanakkor más ismérvek alapján ezeknek a csillagoknak a tényleges hőmérséklete 50 000—100 000 foknak kellett lennie. Ezt az eltérést mennyiségileg elméleti úton magyarázták meg, abból a feltetelezésből kiindulva, hogy ezeknek a csillagoknak az atmoszférája nagyon kiterjedt, úgyhogy a fotoszféra vastagsága nagyságra vetekedik az illető csillagok sugarával. Ebben az esetben a sugárzási egyensúly egyenletét a rétegek görbültségének figyelembevételével kell megoldani, amint azt *N. A. Kozirev* szovjet csillagász tette.

A csillagfotoszféra elméletének további tökéletesítését jelenti a fényelnyelődés és szétszóródás legkülönbözőbb lehetséges okainak számbavétele (például a hidrogén szabad elektronjainak, vagy negatív töltésű ionjainak szerepe). A fotoszféra elmélete, úgy látszik, kielégítő pontossággal lehetővé teszi a külső rétegekben elhelyezkedő gáz sűrűségének és hőmérsékletének növekedését, kiszámítani a csillagsugarak mentén, a középpont irányában. A napfoltok

alacsonyabb hőmérsékletű területek. A modern elmélet elismeri, hogy a folt területén (ugyanúgy a környékén is) sugárzási egyensúly uralkodik, de ugyanakkor a felületi rétegek hőmérséklete alacsonyabb, mint a fotoszféra hőmérséklete. Kísérletileg bizonyítja ezt a Hold és a fotoszféra kontrasztjának megmérése a napkorong középpontjáról különböző távolságokban. A napfoltok területén elhelyezkedő gázok lehűlésének oka jelenleg még nem ismeretes. A foltokkal és bennük a mágneses mezők keletkezésének folyamataival, valamint fellépésük szakaszosságának és zónális természetének okaival szintén foglalkoznak az elméleti kutatások, de az ezen a téren elért eredmények egyelőre még nem jelentősek.

A Nap fotoszférájában, természetesen, konvekció és örvénylő keverődés is van. Ez azonban, a számításokból ítélve, aránylag nemigen befolyásolja a gázok hőmérsékletének és sűrűségének eloszlódását. A vékony megfordító réteg, amely lényegileg a fotoszféra külső rétege, a folytonos színekéből elnyeli a mélyebben elhelyezkedő fotoszféra részek bizonyos hullámhosszú fényt és ezzel a színekben sötét abszorpciós vonalak megjelenését idézi elő. Az utóbbiak szélessége és összintenzitása, valamint kontúrjaik (az intenzitás eloszlása a jelentékeny szélességgel bíró vonalakban) külön elmélet tárgya.

1905 óta ennek az elméletnek az az elgondolás az alapja, hogy a megfordító réteg gázai a rezgésszám megváltoztatása nélkül szórják szét a rájuk alulról (a fotoszférából) sugárzó energiát, de csak azokon a hullámhosszokon, amelyeken a megfordító réteg atomjai maguk is sugározni képesek. A valóságban az ilyen szétszóráson kívül energia elnyelés is történik, ezenkívül előfordulhat a részecskék összeütközése, ionizációja stb., ami nagyon bonyolulttá teszi az elméletet. Mégis az elmélet segítségével meg lehet határozni a színekpvonalakban mutatkozó teljes elnyelődés nagyságát (ez azoknak az atomoknak a számától függ, amelyek a megfordító réteg oszlopában közöttünk és a fotoszféra között helyezkednek el) és így megnyílt az út a napatmoszféra — színekpvonalak intenzitásának megfigyelésére alapított — kvantitatív kémiai elemzéshez. Mindmáig azonban nincsen pontos számszerű adat az abszorpciós vonalak középpontjában észlelhető intenzitásra, amely néha jelentős nagyságot érhet el.

Az 1920—1921-es években *Saha* indiai fizikus elmélete, — amely az atomoknak a termodinamikai egyensúly viszonyai között a hőmérséklet hatására bekövetkezett ionizációval foglalkozik — további fejlődésében egyik sarkkövévé vált az egész elméleti asztrofizikának. Ez az elmélet a csillag színekpek jellegében észlelhető nagy eltéréseket nem a kémiai összetétel különbözőségével magya-

rázza, hanem az ionizáció eltérő fokával, amelyet a megfordító réteg egyenlőtlen hőmérséklete hoz létre a különböző atomokban. E következtetés segítségével meg lehetett állapítani, a vonalaik viszonylag intenzitása alapján, különböző színekposztályba sorolt csillagok hőmérsékletét. Jelenleg eredményesen kutatják azokat az atmoszférákat, amelyeknek kémiai összetétele egyes részleteiben eltér a normálistól.

Az elmélet másik fontos tárgya az atomok eloszlása a különböző energianívókon és az egyes elemeket alkotó atomok ionizációs fokának kiszámítása, amelynek ismerete nélkül nem lehetséges a csillagatmoszférák teljes kvantitatív kémiai elemzése. Az atomok eloszlása az energiaszinteken, amint azt a Boltzmann-féle törvény megadja, a csillagoknál is általában helyesnek bizonyult. A Napnál közvetlenül megfigyelhető egy meglehetősen vastag réteg, az úgynevezett *kromoszféra*, melynek alsó, belső határa a *megfordító réteg*. A kromoszférából néha gázsugarak és gázfelhők — protuberanciák — törnek ki. Protuberanciák többnyire a magasabban fekvő korona területén képződnek és szétszóródva újból leülepedenek.

Külön kérdés a kromoszférán túl óriási távolságra kiterjedő napkoronának elmélete. Sugarainak a formája, mely mágneses erők jelenlétéről beszél, még nincs kellően értelmezve. A külső korona-rész folytonos színekéneke „rejtélye” megoldódott: megállapították, hogy ezt a folytonos színeképet a fotoszféra fényének a szabad elektronok okozta szétszóródása adja. A külső korona fénylésének nagy mértékben oka az is, hogy a Nap fényét a bolygók közötti térben levő kis szilárd részecskék szétszórják.

A korona belső részeinek színeképeben található és sokáig magyarázatlanul maradt fényes vonalakat nem régen elméleti úton azonosították a vas és nikkal többszörösen ionizált atomjainak úgynevezett tiltott vonalaival. Ez azonban újabb nehézségeket okozott: magyarázatot kellett találni arra, hogyan lehetséges ilyen magasfokú ionizáció olyan viszonyok között, amikor a Nap hőmérséklete ehhez nem elegendő. A szovjet asztrofizika minden valószínűség szerint megtalálta a helyes feleletet erre a kérdésre: az ionizáció oka a korona magas kinetikai hőmérséklete (*I. Sz. Sklovskij*). A korona fényének polarizációja, a koronában a mozgások és a sűrűség eloszlása, a korona forgása és fénylésének sajátosságai szintén elméleti kutatás tárgyait képezik.

A csillagok belső szerkezete egyelőre hozzáférhetetlen a közvetlen megfigyelés számára. Ezért az elmélet ezt a kérdést a fizika és a mechanika ismert törvényeinek segítségével igyekszik megoldani. E mellett felhasználja a Nap és a csillagok külső rétegeinek sok-

oldalú megfigyelése útján nyert összes adatokat. A. Eddington angol csillagász és mások a 20. század húszas éveitől kezdve számos elméleti csillagmodellt építettek fel. A modellek alapjául azok a különféle hipotézisek szolgáltak, amelyeket a sugárzás csillagon belüli elnyelésének mechanizmusáról állítottak fel. E modellek felépítésének célja az volt, hogy megfigyelhessék a csillagok fényének ereje, a csillagok tömege, valamint felületi hőmérséklete közötti kölcsönös viszonyt. A csillagok belső szerkezetének modern elmélete arra a következtetésre vezet, hogy a hőmérséklet a mélységgel együtt növekszik és a stabil csillagoknál a középpontban eléri a 20 millió fokot. A. B. Szevernyij és mások több modelltől kimutatták, hogy labilis és nem alkalmas a csillagok szerkezetének ábrázolására. Az atommagfizika eredményei arra engednek következtetni, hogy a Nap és a csillagok energiájának forrása a könnyű elemek atommagjai között végbemenő magreakció. Ilyen reakciók 20 millió fok nagyságrendű hőmérséklet mellett lehetségesek. A magreakciók eredményeképpen a hidrogén héliummá alakul át. Ezt az átalakulást, mely hosszú idő alatt megy végbe (nem úgy, mint atomromboláskor a láncreakció), energiatranszmutáció kíséri, mely a csillagok sugárzását tízmilliárd évekig táplálhatja, minthogy a csillagoknak óriási hidrogénkészleteik vannak. Ebből a szempontból ítélve, az öreg csillagoknak hidrogénben szegényeknek kell lenniük. Az energiatranszmutációnak a középpont igen kis zónájában kell lejátszódnia. A csillagok mélyében valószínűleg erős konvekció uralkodik, amely a „fűtőanyagot” arra a helyre szállítja, ahol az az energia termelésére fordítódik. A csillagenergia atomális eredetéről való elgondolásoknak nagy jelentőségük van az atommag fizikája terén végzett kutatások szempontjából.

A vörösszínű legnagyobb csillagok energiaforrásainak problémáját már kevésbé sikerült megoldani.

Az elmélet a *fehértörpecsillagokat*, amelyek több tízezer g/cm^3 -es sűrűségűek, különös, úgynevezett elfajult állapotú gázból álló csillagoknak tekinti. A fehértörpék szerkezetének elméletét szintén kidolgozták.

Már jóval nehezebb elméletileg felvázolni a csillagok fejlődését vagy legalább is annak irányát, jóllehet az elmélet erre törekszik. Míg a csillagok állapotát az elmélet eléggé meggyőzően rajzolja meg, addig ennek az állapotnak időbeli változásairól csupán a feltevések egész sorának bevezetése útján alkothatunk képet, és ezeket a feltevéseket nehéz ellenőrizni. Valószínű, hogy az utóbbi probléma megoldása elérhető lesz a nem stabilis csillagok tanulmányozása útján, amelyek eléggé gyors változásokon mennek ke-

resztül ahhoz, hogy ezeket a változásokat megfigyelhessük a tudomány létezésének rövid ideje alatt.

A szigorú szakaszossággal változó csillagok közül a legnagyobb érdeklődésre a cepheida változócsillagok tarthatnak számot, melyeket színképi megfigyeléseiknek alapján pulzáló (lűktető) csillagoknak kell minősíteniük. Az ilyen ingadozások lehetőségét elméleti úton is bebizonyították. Az elmélet feltételezi egy olyan tényező létezését, mely a lűktetést huzamos időn keresztül fenntartja. Valószínű, hogy itt a csillagok mélyében lejátszódó magfolyamatok produktivitásának ingadozásáról van szó, ezeknek a természete azonban még nincsen kiderítve.

A csillagok stabilitásával és instabilitásával kapcsolatos összes problémákban a vonzás és a gáznyomás mellett, mint az elmélet megmutatta, nagy szerepet játszik a fénynyomás. Ez utóbbi, robbanásszerű ismeretlen tényezőkkel együttesen, a stabilitás nagyobb, de kevésbé szabályos megsértését okozza. Így a Wolf—Rayet csillagok (a legforróbb égitestek) atmoszférájából minden irányba néha a 2 000 kilométer/sec-ot is elérő sebességgel atomok özöne lökődik ki, mely kiterjedt atmoszférát alkot e csillagok körül és oka annak, hogy színképükben fényes vonalak helyett széles fényes csíkok jelennek meg. Ezeknek a csillagoknak az atmoszférája rétegesnek mutatkozik, olyan értelemben, hogy a különböző elemek színképvonalai különböző rétegekből erednek, amelyek — méghozzá — különböző sebességgel távolnak, amit az elméleti elemzésnek meg kell vizsgálnia. A nem stacionér (nem állandó helyzetű) csillagburokok elméletét az utóbbi években V. V. Szobolev szovjet asztrofizikus dolgozta ki.

A nováknak nevezett új csillagoknál az atmoszféra, de lehetséges, hogy maguknak a csillagoknak a teste is, időről-időre felpuffad, és a külső rétegek leszakadnak. E részek egyre jobban táguló burok formájában veszik körül a novát, mely állandóan távolodik az eredeti csillagtól. Az ilyen csillagok burkában lejátszódó folyamatokat, fényerősségük és színképük változását az E. R. Musztyel és mások által igen részletesen kidolgozott elmélet úgy magyarázza, mint a burok kitágulásának, a csillagnak erre következő összehúzódasákor beállott hőmérsékletnövekedésnek, a buroksűrűség csökkenésének és kitáguláskori ionizálódása fokozódásának következményét. Az ezekben a csillagokban bekövetkező robbanásoknak az oka ismeretlen, jöllehet egyes, hipotézisek nemcsak az új csillagok fellángolását igyekeznek megmagyarázni, hanem az úgynevezett *szupernovák* ennél jóval erősebb fellángolásait is. Így például, van olyan feltevés is, amely a szupernovák fellángolását úgy értelmezi, hogy ilyenkor a rendes csillag katasztrófaszerűen neutronokból álló csillaggá alakul át. Amennyiben ez utóbbi elmélet helyes, a csillag

a fellángolás után megszokott tömegű lesz, de sűrűsége meg fogja közelíteni az atommagok sűrűségét, vagyis a 10^{13} g/cm³-t.

A *gáznemű ködfoltokat*, amelyek fényes vonalakat tartalmazó színeképet adnak, a 19. században izzó és önvilágító objektumoknak tekintették. Később kiderült, hogy kivétel nélkül mindegyikük valamely nagyon forró csillaggal áll kapcsolatban. Nagy csodálkozást váltott ki, hogy a köd gyakran fényesebb a vele kapcsolatos csillagnál, ami megsérteni látszik az energia megmaradásának törvényét, ha feltesszük, hogy a köd bizonyos hullámhosszokon elnyeli, majd maga is kisugározza az illető csillag fényét. A ködfoltokban lejátszódó kisugárzás és elnyelődés folyamatainak elmélete azonban magyarázatot adott erre a jelenségre. Ezek a ködök a csillag energiáját a színeképnek számunkra láthatatlan, ibolyántúli tartományában nyelik el és ezt az energiát a színekép látható részében sugározzák ki (fluoreszcencia). A forró csillagoknál ugyanis az energia maximuma a színekép ibolyántúli tartományában van, ezért a ködfolt látható sugarakban fényesebb, mint a fénylését előidéző csillag. Az elmélet megmutatta, hogy a hidrogén és más elemek atomjai az erős ibolyántúli fény hatására ionizálódnak (fotoionizáció), majd pedig a szabad elektronokat befogva, fényt sugároznak ki. Elméleti úton bizonyítást nyert, hogy a ködök színeképének több mint egy fél évszázadig megfejtetlenül maradt fő vonalai a kétszeresen ionizált oxigénatomok úgynevezett tiltott (laboratóriumi viszonyok között a kísérleti technika jelenlegi fejlettségi fokán a fellépésükhöz szükséges viszonyok elérhetetlensége folytán megfigyelhetetlen) vonalai. Az oxigén kétszeresen ionizált atomjai az elektronokkal való összeütközés során világításra gerjesztődnek. Bebizonyították, hogy a ködnek ilyen tiltott vonalak kisugárzásához 10^{-10} g/cm³ nagyságrendű sűrűségűnek és igen messze kell lennie a megvilágítást adó csillagtól. Ezeknek a csillagoknak a hőmérsékletét csak a ködfoltok fénylésének elmélete alapján tudták megállapítani, miután a szokásos módszerekkel nem sikerült eredményt elérni. Kiderült, hogy a ködfoltokat fénylésre készítő csillagok az ismertek közül a legforróbbak (körülbelül 140 ezer fok).

Mindezeket a folyamatokat V. A. Ambarcumján, V. V. Szobolev és mások behatóan tanulmányozták, aminek eredményeképpen számos atom szerkezetéről való adataink lényegesen kiegészültek. Megismerkedhettünk azzal, hogyan viselkedik az anyag olyan nagy fokú ritkítás esetén, melyek a laboratóriumokban alkalmazott legtokéletesebb légüres tereknél is elérhetetlenek. A ködfoltok színeképeiben észlelhető különböző vonalak intenzitásának tanulmányozása az atomelmélet szempontjából szintén jelentősen előrevitte a tisztán fizikai ismereteket. Elmondható, hogy a modern fizikára támaszko-

dó asztrofizikai kutatások maguk is jelentősen kiegészítik és ösztönzik a fizika fejlődését. Ezzel megoldás felé viszik az olyan gyakorlati feladatokat is, mint például az atomenergia felhasználása, új fényforrások létrehozása, a rádióhullámok kiterjesztése, a mágneses viharok természetének vizsgálata, a földatmoszféra felső rétegeinek kutatása stb.

VII. AZ ASZTROFIZIKA FONTOSABB ESEMÉNYEINEK IDŐRENDI TÁBLÁZATA

Idő	Esemény
Időszámításunk előtti 2. század	A csillagokat fényességük alapján hat nagyság- rendbe sorolják.
Időszámításunk utáni 12. század	Első feljegyzések orosz krónikákban a Nap protuberanciáiról.
1609—1610	Először figyelik meg teleszkóppal az égites- teket (<i>Galilei</i> olasz fizikus és csillagász).
1669	A Vénusz színképének első megfigyelései (<i>I. Newton</i> angol tudós).
1761	M. V. <i>Lomonoszov</i> orosz tudós felfedezi a Vénusz atmoszféráját.
1814—1815	A napszínkép abszorpciós vonalainak leírása (<i>J. Fraunhofer</i> német optikus).
1847	V. J. <i>Struve</i> orosz csillagász felfedezi a fény elnyelését a csillagok közötti térben.
1852—1864	A fényképezés többirányú alkalmazásának kez- dete a csillagászatban (a Nap fényképezése Ang- liában és Oroszországban, a csillagok fényképezése az Amerikai Egyesült Államokban).
1859—1862	R. <i>Bunsen</i> és G. <i>Kirchhoff</i> német fizikusok fel- találják a színképelemzést.
1863	A csillagszínképek első osztályozása (<i>Secchi</i> olasz csillagász).
1868—1878	Felfedezik a Nap héliumát és azt, hogy a protuberanciák spektroszkóppal napfogyatkozáson kívüli időben is megfigyelhetők. (<i>Janssen</i> francia és <i>Lockyer</i> angol csillagász). Meghatározzák több csillag radiális sebességét (<i>Huggins</i> angol csillagász.)
1874—1877	F. A. <i>Bregyihin</i> orosz csillagász tanulmányozni kezdi az üstökösök fizikai természetét.
1876—1884	Először mérik meg pontosan egyes csillagok fényerősségét és állítják össze fotometriai kataló- gusaikat (V. K. <i>Ceraszkij</i> orosz és E. <i>Pickering</i> angol csillagász).
1888	A napszínkép részletes atlaszának összeállítása (<i>Rowland</i> amerikai fizikus).
1889	Spektrális kettős csillagok felfedezése (<i>Maury</i> amerikai csillagász).
1894	A. A. <i>Belopolszkij</i> orosz csillagász bebizonyítja a Szaturnusz gyűrűjének meteoritfelépítését.
1894—1899	A. A. <i>Belopolszkij</i> orosz csillagász felfedezi s változó csillagok radiális sebességének ingadozá-

Idő	Esemény
1901—1909	sait és kísérletileg ellenőrzi a hullámhossznak a fényforrás mozgásánál bekövetkező változását. Megalapozzák a fotografikus fénymérést és először határozzák meg egyes csillagok színindexét. (K. <i>Schwarzschild</i> német és G. A. <i>Tyihov</i> orosz csillagász.)
1904	A meteor színeképének első sikeres fényképezése és e színekép értelmezése (Sz. N. <i>Blazsko</i> orosz csillagász).
1904	<i>Hartmann</i> német csillagász felfedezi a csillagok közötti kalciumot.
1906—1908	<i>Hertzsprung</i> holland csillagász felfedezi, hogyan lehet a csillagok fényességéből és hőmérsékletéből átmérőjüket kiszámítani, és ezen az alapon a csillagokat óriásokra és törpékre osztja fel.
1907	R. <i>Emden</i> német fizikus felállítja a csillagszerkezet hidrosztatikai elméletét.
1908	<i>Lewitt</i> amerikai csillagásznő összefüggést állapít meg a Cepheidák periódusa és fényessége között.
1909	G. A. <i>Tyihov</i> orosz csillagász bevezeti a fény-sűrűrk alkalmazását és segítségével tanulmányozza a Marsot.
1909	A csillagok színi hőmérsékletének meghatározása (<i>Scheiner</i> , <i>Wilsing</i> és <i>Münch</i> német csillagászok).
1910	P. N. <i>Lebegyev</i> orosz fizikus kísérletileg igazolja a fénynyomást.
1910—1914	Első munkák a csillagatmoszférák elméletének megalapozása terén (K. <i>Schwarzschild</i> német csillagász).
1913	<i>Russel</i> amerikai csillagász összeállítja a csillagok színekép — abszolút fényesség diagrammját.
1914	Feltalálják az abszolút nagyságrendek megállapításának spektrális eljárását (<i>Adams</i> amerikai és <i>Kohlschütter</i> német csillagász).
1915	Felfedezik a fehér törpecsillagokat.
1916	<i>Eddington</i> angol csillagász megkezdi a csillagok belső szerkezetének modern elméleti kidolgozását és számításba veszi a fénynyomás szerepét.
1920	<i>Saha</i> indiai csillagász felállítja a csillagatmoszférák gázainak ionizációs elméletét.
1923—1924	A csillagok tömege és fényessége között összefüggést fedeznek fel (E. <i>Hertzsprung</i> holland, H. <i>Russel</i> amerikai és A. <i>Eddington</i> angol csillagász).

Idő	Esemény
1926—1943	Sz. V. Orlov szovjet csillagász kidolgozza az üstökösök jelenségeinek és fizikai kérdéseinek modern mechanikai elméletét.
1927	Bowen amerikai csillagász azonosítja az égitestek szinképében az úgynevezett nebulum okozta rejtélyes vonalakat ismert elemek tiltott vonalaival.
1927—1933	A ködöket jellemző fénylés és sugárzási folyamatok elméletének kidolgozása (V. A. Ambarcumján szovjet és Zanstra holland csillagász).
1929	Hubble amerikai csillagász felfedezi a Galaktikák szinképében a vörös felé való eltolódást, mely a távolodással növekszik.
1930	A csillagok forgásának felfedezése (G. A. Sajin szovjet és O. Struve amerikai csillagász). Megerősítést nyer a fényelnyelődés fennállása a csillagok közötti térben, amit V. J. Sztruve orosz csillagász fedezett fel 1847-ben.
1931	B. A. Voroncov—Veljaminev szovjet csillagász kidolgozza a bolygószerű (planetáris) ködök távolság-meghatározási módszerét.
1932—1940	A bolygók atmoszférájának kutatása (N. P. Barabasev és V. G. Feszencov szovjet csillagászok).
1936	A Szovjetunió csillagászai először végeznek egységes program alapján tömegmértetű munkát a napkorona megfigyelése céljából az 1936. június 18-i napfogyatkozás teljes fázisának egész sávja mentén.
1938—1947	V. A. Ambarcumján és más szovjet csillagászok bebizonyítják a Galaktikánkba és más galaktikákba tartozó csillagok eltérő életkorát és fejlődési útjuk különbözőségét.
1940—1944	A Galaktika és a Nap rádiósugárzásának felfedezése.
1941	Edlen svéd fizikus azonosítja a napkorona szinképében levő rejtélyes vonalakat.
1946—1947	B. A. Voroncov—Veljaminev és P. P. Parenago szovjet csillagászok új csillagsorozatokat fedeznek fel a Hertzsprung—Russel-féle diagrammon.
1947	V. V. Szobolev szovjet csillagász kidolgozza a mozgásban levő csillagatmoszférák elméletét.
1948	Vörösöninni sugarakban felfedezik Galaktikánk magvát (A. A. Kalinyak, V. I. Kraszovszkij és V. B. Nyikolajev szovjet tudósok).

Fordította: dr. Petőházi Károly

PONTOS IDŐ MEGHATÁROZÁSA RÁDIÓ-IDŐJELEK SEGÍTSÉGÉVEL

A csillagászati órák ellenőrzése rádió-időjelek segítségével történik. Ezeket az időjeleket saját észleléseik alapján különböző csillagvizsgálók és pontos időt szolgáltató intézetek adják és egyben vevőberendezéseik segítségével ellenőrzik. Nemzetközi megegyezés alapján az időjeleket adó rádióállomások úgy helyezkednek el, hogy egymástól lehetőleg egyenlő távolságra legyenek és így a Földet egyenletesen befedjék.

Az időjeleket különleges kvarc- és atomórákhoz csatlakozó mechanikus szerkezet segítségével adják. Természetesen mind az órát, mind az időjeleket állandóan egyeztetik a csillagászati észlelésekkel.

A Szovjetunióban működő időjel-adóállomások adásainak hibáját minden hónapban visszamenőlegesen közli „Az egységes időszolgáltatást adó központi tudományos bizottság”. A világ összes rádióállomásai adásainak hibáit pedig a párizsi „Nemzetközi időszolgáltatási hivatal” kb. kétéves késéssel közli.

A csillagvizsgálók nemzetközi megegyezés alapján, két időjel-típust használnak:

1. gyakorlati (automatikus, ONOGO) időjeleket,
2. tudományos (ritmikus, koincidencia) időjeleket.

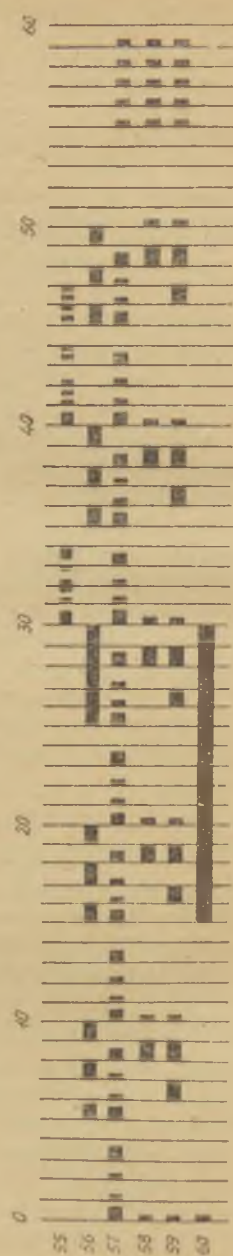
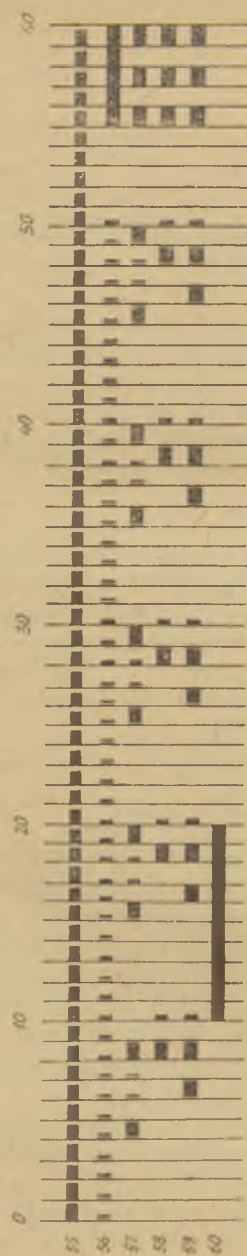
Mindkettő a Morse-jelekhez hasonló sípjelzésekből áll.

A gyakorlati időjelekben két percig minden tizedik másodpercben adnak le rövid $\frac{3}{10}$ másodpercig tartó pontot. Az első percben minden jel előtt 1 másodpercig tartó vonalat adnak, a második percben két ugyanilyen vonalat. Az egész percek kezdetét külön jelzik. Egyes intézetek három vonalat adnak, mások hat pontot.

Alábbiakban közöljük a potsdami (felül) és a párizsi (alul) gyakorlati és felhívó jeleket sematizálva (L. 220. old.)

E jelek helyett Greenwich öt percen át, minden másodpercben 0,1 másodpercig tartó pontot ad le. Az egész percek kezdetét 0,4 másodpercig tartó vonal jelzi.

A gyakorlati időjelek után a legtöbb csillagvizsgáló (rendszerint egy perc szünet után) tudományos időjeleket ad. A tudományos



időjel minden adásban egységesen öt percig tart és percenként 61 jelzésből áll. Az egészpercek kezdetét 0,4 másodperces a többbit 0,1 másodperces jellel adják. Így a két egymást követő jel kezdete közt eltelt idő 0,9836 másodperc.

Az óránk, akármilyen gondosan kezeljük is, az időjelhez képest mindig késik, vagy siet. Ha az időjelet nem akarjuk különleges tudományos célra (pl. földrajzi helymeghatározásra) használni, pontosnak vehetjük, mivel (annak) hibája legfőlőbb 0,01 másodperc. Az óránk mutatta idő és a jel közti eltérést az óra járásának nevezzük. Pontosabban, az óra állása azt a javítást jelenti, amelyet az óránkról leolvasott időhöz hozzá kell adnunk (vagy levonnunk), hogy a jel szerinti időt megkapjuk. Ha az állást le kell vonnunk (vagyis ha az óra siet), akkor mínusz jelet írunk eléje.

Ha az óránk teljesen pontosan járna, úgy minden időjel összeesne az óra mutatta idő megfelelő pontjával. Így pl. a gyakorlati időjelnek a tízes másodpercre eső jelzése akkor hallatszana, mikor óránk a 9-es másodpercről a 10-esre ugrik. Ha óránk nem jár pontosan, az egész másodperceket egyszerűen leolvassuk és a tizedeket megbecsüljük.

A tudományos időjelek segítségével az óránkat különösebb segédberendezés nélkül 1/60 másodperc pontossággal ellenőrizhetjük.

Az időjel és az óránk mutatta idő közötti eltérést a tolómérce noniuszához hasonlóan olvashatjuk le.

Tegyük fel, hogy az egész másodpercet jelző vonás összeesik azaz a pillanattal, midőn óránk másodpercmutatója az 59-esről a 60-as másodpercre ugrik. A következő másodpercben a jel már hamarabb fog jönni $1/61 = 0,016$ másodperccel. A következő másodpercben az eltérés már ennek kétszeresével, $2/61$ másodperccel egyenlő. Ha azonban óránk $18/61 = 0,295$ másodpercet siet, úgy nyilvánvaló, hogy az óra ketyegése az időjellel a tizennyolcadik másodpercben esik össze (koincidál). Hasonlóan állapíthatjuk meg az óra állását akkor, ha az óra késik. Ekkor a másodperceket nullától visszafelé kell számolni.

Példa:

1. Az egészperc jelzése azt mutatja, hogy az óra állása 2,4 körül van. A koincidencia a számlap 38 mp-et jelző pontján volt, az óra állása így $2^s + 24/61^s = 2,^s393$, (tehát az óra 2,39 másodpercet késik).

2. Az óra siet és állása —0,6 körül van, a koincidencia 37 mp-re esik, pontos állása tehát — $0,^s606$ ($37/61$).

Az alábbiakban közöljük a Szovjetunió és más országok fontosabb adásainak időpontjait és hullámhosszait.

Adás ideje világ időben h m	Rádió adó	Hívójel	Állomáshelye
00 01	Moszkva	RVM	Moszkva
00 01	Norddeich	DAN	Hamburg
02 01	Moszkva	RVM	Moszkva
02 55	Róma	IMB	Róma
06 01	Moszkva	RVM	Moszkva
08 01	Pontoise	FYP, TQC	Párizs
09 01	Pontoise	FYP, FYA ₃	Párizs
09 01	Pontoise	FYP, TQG ₅	Párizs
10 01	Rugby	GBR ₈	Greenwich
		GIC* ₂₉ , GIC* ₃₇	
10 55	Osterloog	DHI	Hamburg
11 55	Berlin	DGI	Postsdam
11 55	Elbe-Weser	DAC	Hamburg
11 55	Kiel	DAO	Hamburg
11 55	Norddeich	DAN ₃	Hamburg
12 01	Moszkva	RVM	Moszkva
12 01	Norddeich	DAN ₃	Hamburg
13 01	Pontoise	FYP, TQG ₅	Párizs
14 01	Moszkva	RVM, RES	Moszkva
16 01	Moszkva	RVM, RES	Moszkva
17 55	Róma	IMB	Roma
18 01	Rugby	GBR, GIC* ₂₆ , GPB* ₃₉	Greenwich
20 01	Pontoise	FYP, TQC ₃₉	Párizs
20 01	Moszkva	RVM	Moszkva
21 01	Pontoise	FYP, FYA ₃	Párizs
22 01	Moszkva	RVM, RES	Moszkva
22 31	Pontoise	FYP, TQG ₅	Párizs
23 55	Elbe-Weser	DAC	Hamburg
23 55	Kiel	DAO	Hamburg
23 55	Norddeich	DAN ₃	Hamburg

Jegyzet: A fenti időpontok a tudományos időjelek adásának kezdetét adják. Közvetlenül előttük adják a gyakorlati időjeleket. — A világidőhöz egy órát, nyári időszámítás idején két órát kell hozzáadni, hogy megkapjuk a helyi időt.

* 1954. nov. 1-től, 1955. febr. 28-ig.

Moszkvai időjelek hullámhossz táblázata

Az adás ideje világidőben :

	0 ^h	2 ^h	6 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	20 ^h	22 ^h
H u l l á m h o s s z :								
Január	55,76	39,01	24,47	24,47	39,01	55,76	55,76	55,76
Február	55,76	39,01	24,47	24,47	29,85	39,01	55,76	55,76
Március	55,76	39,01	24,47	24,47	29,85	39,01	55,76	55,76
Április	39,01	29,85	24,47	24,47	24,47	29,85	39,01	39,01
Május	39,01	29,85	24,47	24,47	24,47	29,85	39,01	39,01
Június	29,85	29,85	24,47	24,47	24,47	24,47	29,85	29,85
Július	29,85	29,85	24,47	24,47	24,47	24,47	29,85	29,85
Augusztus	29,85	29,85	24,47	24,47	24,47	29,85	29,85	29,85
Szeptember	39,01	29,85	24,47	24,47	24,47	29,85	39,01	39,01
Október	55,76	39,01	24,47	24,47	29,85	39,01	55,76	55,76
November	55,76	39,01	24,47	24,47	39,01	55,76	55,76	55,76
December	55,76	39,01	24,47	24,47	55,76	55,76	55,76	55,76

Hullámhossz táblázat

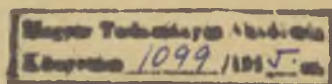
DAC	117,88 m	=	2545 Kc	GBR	18750	=	16
	34,23	=	8765	GIC ₂₈	42,95	=	6985
DAN	53,31	=	5627,5	GIC ₂₉	32,09	=	9350
	69,77	=	4300	GIC ₃₇	16,96	=	17685
	2290	=	131	GPB ₃₀	29,03	=	10332,5
DAN ₂	125,26	=	2395		26,67	=	11250
	17,54	=	17100	IMB	50,96	=	5888
DAN ₃	2290	=	131		97,09	=	3090
DAO	100	=	3000	RES	3333	=	90
DGI	1621,6	=	185		24,47	=	12260
	16,81	=	17845		29,85	=	10050
	19,64	=	15275	RVM	39,01	=	7690
DHI	25,43	=	11275		55,76	=	5380
	47,85	=	6270	TQC ₉	27,84	=	10775
FYA ₃	40,39	=	7428	TQC ₅	21,62	=	13873
FYP	3300	=	90,9				

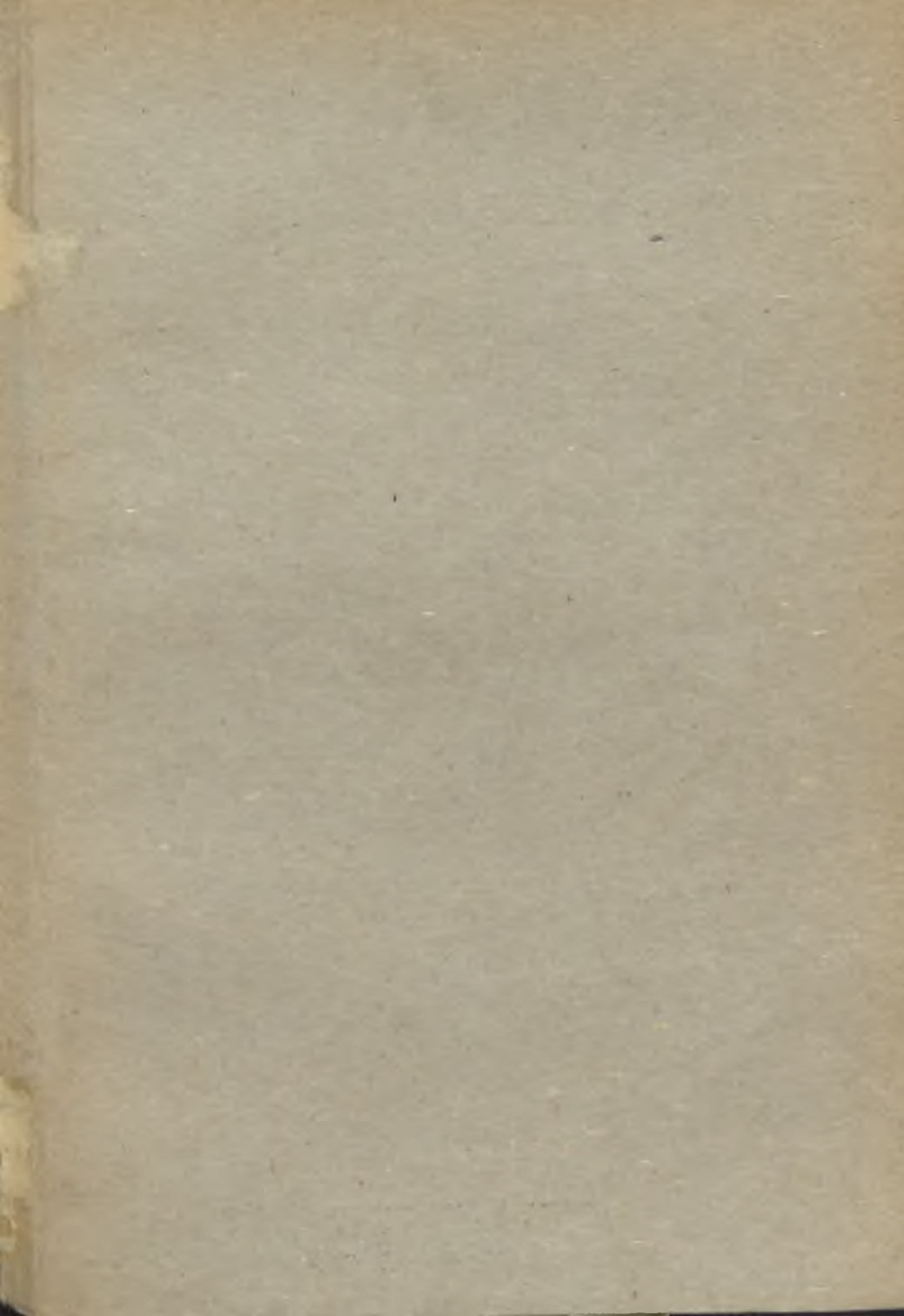
A fenti állomásokon kívül időjeleket adnak még Rio de Janeiro, Washington, Buenos Aires, Ottawa, Taskent, Hong-Kong, Tokyo stb. Ezek az adók azonban oly távol vannak, hogy adásaikat nálunk csak külön erre a célra szerkesztett vevőberendezésekkel lehet venni.

Szabó Elemér

TARTALOM

I. Csillagászati adatok az 1955. évre	3
II. A szabad szemmel látható bolygók koordinátái és látszólagos sugarak 0 ^h világidőkor	28
III. A Jupiter 1—4. holdjának Magyarországon látható jelenségei középeurópai zónaidőben	32
IV/1. A nappal és a szürkület tartalma Magyarországon	51
IV/2. A nappal tartama különböző északi földrengés szélességi helyeken	53
IV/3. A polgári szürkület hossza különböző északi földrajzi szélességi helyeken az évszakok kezdetekor	54
IV/4. A Nap delelési magassága (az északi félgömbön)	55
V. Sarkcsillag felső delelésének időpontja középeurópai zóna- időben és azimútja Budapesten	56
Fényesebb csillagok fontosabb adatai	57
A csillagos ég az 1955. évben	63
A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének műkö- dése az 1953. évben	73
A bemutató csillagdák működése az 1954. évben	80
A pulkovói változócsillag-konferencia (1954. május 24—26.)	92
Beszámoló a Szovjetunió néhány csillagászati intézményéről	99
E. <i>Schatzman</i> : Kritikai megjegyzések a Nyugat-Európában és Amerikában elterjedt kozmogóniai elméletekről	118
Napfogyatkozások geometriája	129
Hogyan mérték meg a Hold és a Nap távolságát?	152
A turbulencia-elmélet és csillagászati jelentősége	174
B. A. <i>Voroncov—Veljaminev</i> : Asztrofizika	183
I. Az asztrofizika története	184
II. Asztrofotometria	188
III. Asztrospektroszkópia	191
IV. A világmindenség szerkezetének tanulmányozása	201
V. A bolygók, mellékbolygók, üstökösök és meteorok tanul- mányozása	205
VI. Elméleti asztrofizika	207
VII. Az Asztrofizika fontosabb eseményeinek időrendi táblázata	216
Pontos idő meghatározása rádió-időjelek segítségével	219
Moszkvai időjelek hullámhossz táblázata	223
Hullámhossz táblázat	223





Åra: 22,50 Ft